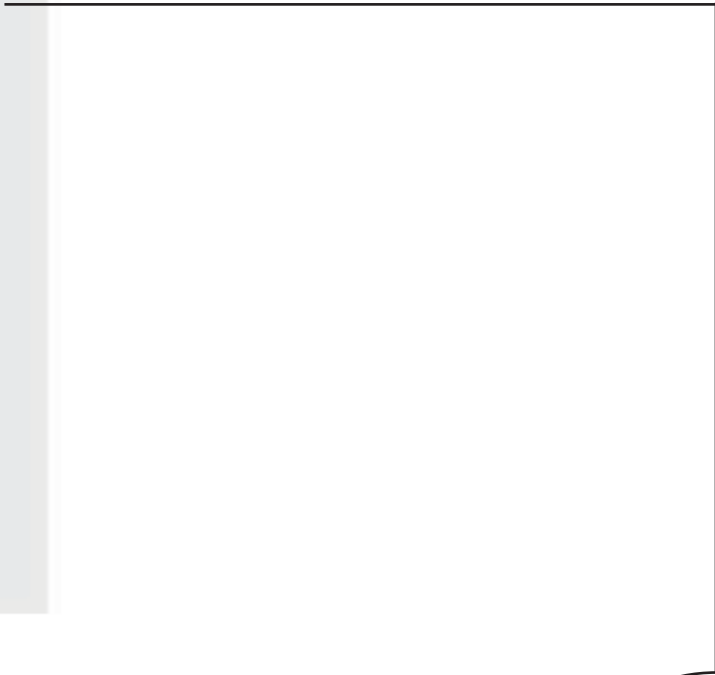




es
es
es
es
es
es
es
es
es
es

NOTES TECHNIQUES -
FACTEURS DE CONVERSION



CONSIDERATIONS GENERALES POUR LA DETERMINATION DU TYPE DE CHAINE

Pour une considération correcte de la procédure de calcul et de sélection des chaînes de manutention, nous désirons attirer votre attention sur les points fondamentaux suivants:

- 1) TYPE DE CONVOYEUR
- 2) MASSE TOTALE A TRANSPORTER
- 3) VITESSE DE DEPLACEMENT DE LA CHAINE
- 4) PAS DE LA CHAINE
- 5) ATTACHE DE LA CHAINE
- 6) MILIEU DANS LEQUEL L'APPAREIL EST INSTALLE
- 7) LUBRIFICATION
- 8) CHARGE DE RUPTURE DE LA CHAINE

1) TYPE DE CONVOYEUR

Les convoyeurs se divisent en deux catégories fondamentales:

- a) avec chaînes à plaques glissantes
- b) avec chaînes à galets

Dans le cadre de ce classement ils peuvent être ultérieurement divisés en:

- a) horizontaux
- b) inclinés
- c) verticaux
- d) combinés

2) MASSE TOTALE A TRANSPORTER

C'est la masse des produits à transporter plus celle des accessoires éventuels fixés sur les chaînes de manutention (palettes – balancelles – traverses – godets – etc.)

Il est également indispensable de tenir compte de la distribution de la charge sur le convoyeur, car les considération de calcul pour une charge concentrée sur des surfaces d'appui réduites sont différentes de celles pour une charge uniformément répartie.

3) VITESSE DE DEPLACEMENT DE LA CHAINE

C'est l'espace parcouru par la chaîne dans l'unité de temps.

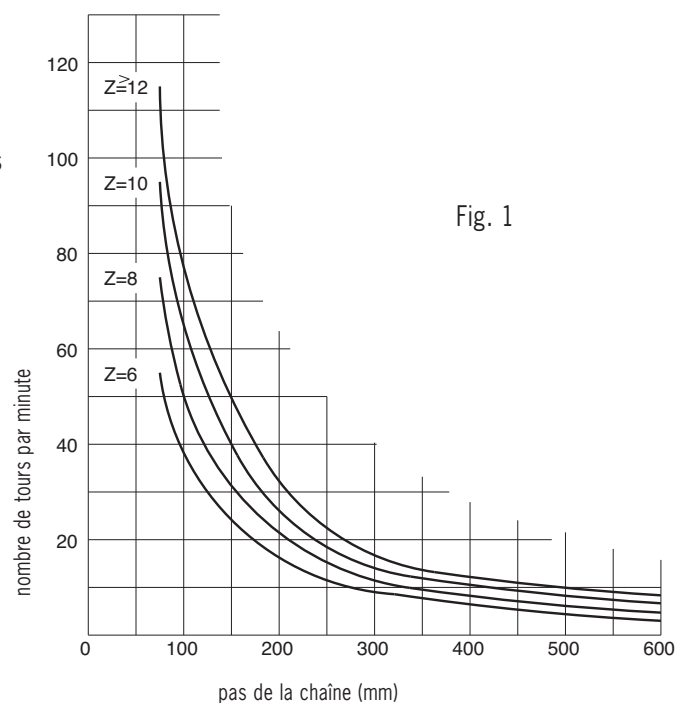
Il est fondamental pour la détermination de la portée du convoyeur et est strictement lié au pas de la chaîne en fonctions des diamètres des roues de commande et de renvoi. Un exemple de ces relations est donné par le graphique ci après.

$$V = \frac{P \cdot Z \cdot n}{1000} \quad [\text{m/min}]$$

P = pas de la chaîne (mm)

Z = nombre de dents

n = nombre de tours de la roue dentée (par minute)



Les chaînes de manutention ont une limite maximale de vitesse fixée à 60 m/min. avec une valeur idéale comprise entre 0 et 30 m/min. La vitesse de la chaîne joue un rôle décisif dans le phénomène communément dénommé **pompage** ou **saccades** des chaînes. Ce phénomène est produit par un déplacement irrégulier de la chaîne constitué d'une série de déclenchements espacés par des instants de ralentissement. Les causes de ce phénomène, qui dans certains cas peuvent compromettre le bon fonctionnement des installations de manutention, sont nombreuses et synergiques entre elles. Ce qui contribue en premier aux saccades, est l'effet polygonal dû à l'enroulement de la chaîne sur les roues de commande et de renvoi, illustré dans la fig. 2, qui entraîne les accélérations et décélérations périodiques de la chaîne. Un autre facteur important est la variation du coefficient de frottement de la chaîne en fonction de la vitesse de déplacement de celle-ci. Que la chaîne glisse sur les guides ou qu'elle avance par l'effet du roulement des galets, le phénomène de stick-slip (coller-glisser) peut s'amorcer à de petites vitesses. En d'autres termes il arrive qu'à l'approche de la vitesse critique pour certaines installations, le frottement (entre plaques et guides ou entre galet et douille) se trouve à la limite entre le frottement hydrodynamique et le frottement à sec (beaucoup plus important) et passe cycliquement de l'une à l'autre condition. L'effet qui se produit est précisément d'encollage alterné au glissement, avec des conséquences directes sur le déplacement irrégulier de la chaîne. Un autre facteur à considérer, est celui concernant les propriétés élastiques du "système chaîne".

Il est important de tenir compte des conditions de fonctionnement qui favorisent ou étendent le phénomène non désiré:

- Longueur du transporteur supérieure à 80-100 [m]
- Nombre des dents des roues inférieur à Z=18-20
- Petites vitesses du transporteur: pour des vitesses entre 1.5 et 3 [m/min] le pompage est probable, au-dessous de 1.5[m/min] le phénomène est pratiquement certain.
- Pas de la chaîne supérieure à 200[mm]
- Lubrification non appropriée: avec des produits non adaptés, points de lubrification incorrects ou lubrification en quantité excessive.

Le graphique qui suit met en évidence l'amplitude de la vitesse en pour-cent.

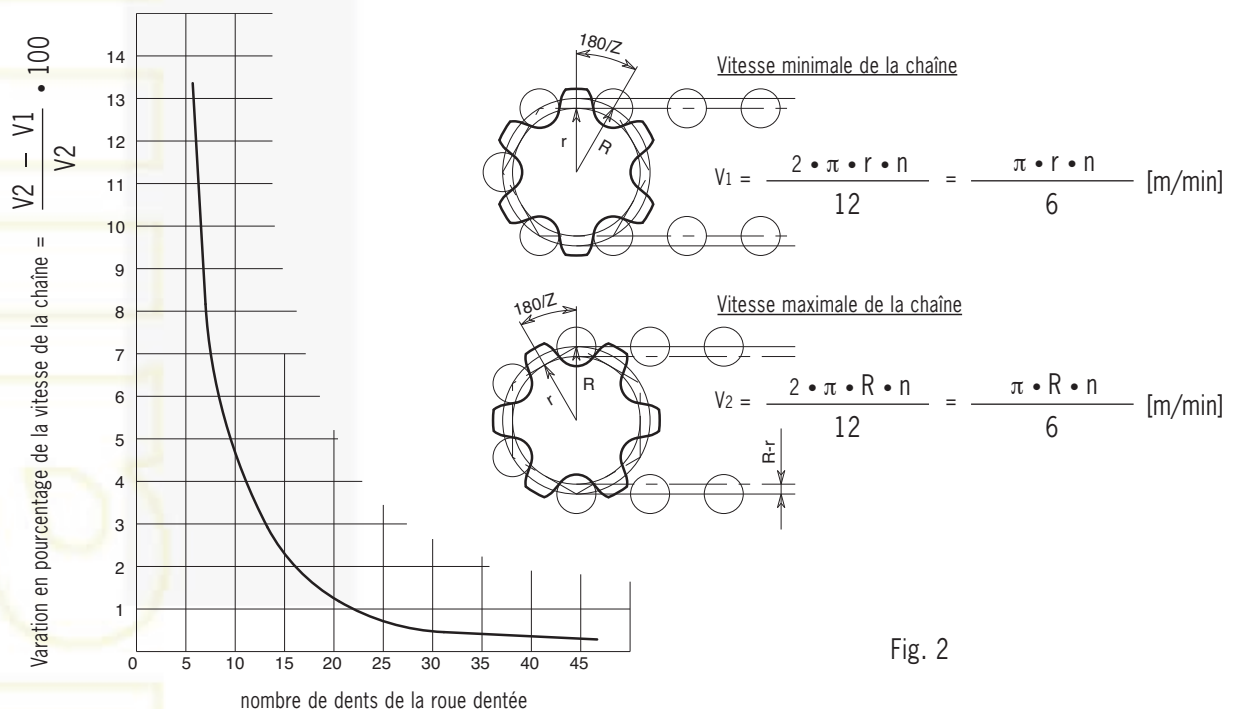


Fig. 2

- n = nombre de tours de la roue dentée
 Z = nombre de dents de la roue dentée
 R = rayon primitif de la roue dentée

$$r = R \cdot \cos \frac{180^\circ}{Z} \text{ [m]}$$

R-r = gamme de variation de l'effet polygonal

Généralement le phénomène de pompage n'a aucune influence sur les valeurs de variation dont le pourcentage est environ 1.



4) PAS DE LA CHAÎNE

C'est l'entraxe exprimé en millimètres ou en pouces, existant entre deux axes consécutifs de la chaîne.

Il dépend de certaines caractéristiques du convoyeur comme:

- a) la vitesse de déplacement de la chaîne
- b) le diamètre des roues de commande et de renvoi
- c) la répartition de la charge sur le convoyeur
- d) les dimensions des accessoires éventuels (palettes – balancelles – traverses – godets – etc.)

5) ATTACHE DE LA CHAÎNE

Les attaches, généralement en équerre, peuvent faire partie intégrante de la plaque de la chaîne ou être soudées.

Le type d'attache est défini, dans ses caractéristiques de dimensions, de forme et de nombre par mètre linéaire, par la solution technique de manutention adoptée.

6) MILIEU DANS LEQUEL L'APPAREIL EST INSTALLE

Il est défini par l'espace environnant la chaîne en considérant toutes ses caractéristiques:

- degré de propreté
- température
- présence de matériaux abrasifs
- humidité/agents atmosphériques
- substances chimiques corrosives
- etc.

Ces facteurs déterminent les dimensions de la chaîne, la qualité des matériaux de construction, les jeux, les tolérances d'usinage, les traitements de galvanisation et les coefficients de sécurité. En nous limitant à l'effet température, nous proposons ci-après un tableau des facteurs de correction de la charge d'utilisation des chaînes.

TABLEAU 1

TEMPERATURE	CHARGE D'UTILISATION CORRIGEE
-40° C ~ -20° C	(Charge d'utilisation maxi adm.) x 0,25
-20° C ~ -10° C	(Charge d'utilisation maxi adm.) x 0,3
-10° C ~ 160° C	(Charge d'utilisation maxi adm.) x 1
160° C ~ 200° C	(Charge d'utilisation maxi adm.) x 0,75
200° C ~ 300° C	(Charge d'utilisation maxi adm.) x 0,5

Pour toutes les autres conditions ambiantes veuillez vous adresser à notre Bureau Technique.

7) LUBRIFICATION

Elle a une incidence sur la détermination des frottements à considérer pour le calcul de l'effort et elle favorise la résistance à l'usure, à la corrosion et à l'oxydation de tous les éléments de la chaîne.

Pour la qualité des produits à employer et leur utilisation veuillez vous reporter à la page 1.7.2 où l'argument est traité en détail.

8) CHARGE DE RUPTURE

L'inscription en Newton [N] est la valeur de la charge à l'instant de la rupture de la chaîne.

Les données du catalogue concernent des épreuves exécutées à température ambiante d'environ 20°C.

Chaque charge de rupture doit être interprétée comme la valeur moyenne obtenue sur la base d'une série d'épreuves.

La variation possible de la charge de rupture par rapport à la valeur moyenne indiquée est comprise entre plus ou moins 5%.

SELECTION DU TYPE DE CHAINE EN FONCTION DE L'EFFORT DE TRACTION

L'effort de traction est la force nécessaire pour animer d'un mouvement de translation des chaînes, leurs parties mécaniques et la charge à convoier. Selon les formules indiquées ci-après, les éléments servant à sa détermination sont les suivants:

- 1) MASSE DU MATERIEL TRANSPORTE
- 2) MASSE DES CHAINES ET DES EVENTUELS ACCESSOIRES (PALETTES – BALANCELLES – TRAVERSES – GODETS – ETC.)
- 3) COEFFICIENT DE FROTTEMENT
- 4) FACTEUR DE SERVICE EN FONCTION DE LA CHARGE ET DES HEURES DE FONCTIONNEMENT
- 5) FACTEUR DE L'EFFET POLYGONAL

Le calcul de la force de traction s'effectue selon deux phases:

- une phase préliminaire prévoit la sélection du type de chaîne en prenant, approximativement, la masse de la chaîne et le coefficient de frottement.
- une phase de vérification pendant laquelle on remplace la masse de la chaîne et le coefficient de frottement présumé par les valeurs exactes de la chaîne sélectionnée.

1) MASSE DU PRODUIT TRANSPORTE = P1 (kg)

Se reporter au paragraphe 2 du chapitre "Considérations générales pour la détermination du type de chaîne".

2) MASSE DES CHAINES = P (kg)

C'est la masse totale approximative de l'ensemble des chaînes pendant la phase de calcul préliminaire; c'est la masse correcte lors du calcul de vérification.

3) COEFFICIENT DE FROTTEMENT

C'est la valeur qui définit la force nécessaire pour vaincre la résistance au mouvement de deux corps en contact.

Quand les chaînes évoluent par "glissement" sur les guides il s'agit d'un frottement glissant "fr".

Les valeurs des coefficients de frottement sont résumées au tableau suivant:

TABLEAU 2

CORPS EN CONTACT	fr surface sèche	fr surface lubrif.
Chaînes en acier sur guide en bois dur	0,44	0,29
Chaînes en acier sur guide en acier	0,30	0,20
Chaînes en acier sur guide rugueux ou rouillé	0,35	0,25
Chaînes en acier sur guide en polyéthylène haute densité et masse moléculaire très élevée	0,18	0,05

Quand les chaînes roulent sur leurs galets et frottent sur leurs guides, le frottement est à la fois glissant et roulant "fv".

La valeur du coefficient de roulement dans le calcul préliminaire est $f_v = 0,2$; dans le calcul de vérification elle devient:

$$f_v = C \cdot \frac{d}{D} + \frac{b}{D}$$

où l'on a:

d = diamètre extérieur douille [mm] (D5 dans les tableaux du catalogue)

D = diamètre extérieur galet [mm] (D1, D2 ou D3 dans les tableaux du catalogue)

b = Coefficient expérimental pour la détermination du frottement de roulement, qui dépend de la nature des matières en contact et du degré d'usinage des surfaces relatives

= 1 pour galet en acier sur guides en acier avec surface lisse

= 2 pour galet en acier sur guides en acier avec surface rèche.

C = coefficient de frottement entre la douille et le galet selon les valeurs indiquées au tableau suivant:



TABLEAU 3

CORPS EN CONTACT	surface sèches "C"	surface lubrif. "C"
Galet en acier sur douille en acier	0,25	0,15
Galet avec douille en bronze sur douille en acier	==	0,13
Galet en nylon sur douille en acier	0,15	0,10

ATTENTION

Au début du mouvement il se peut que le coefficient de frottement soit de 1,5 à 3 fois supérieur (frottement de premier départ) au coefficient de frottement dynamique.

Pour un roulement efficace du galet il est de règle de disposer d'un diamètre extérieur au moins 2,5 fois supérieur au diamètre extérieur de la douille.

4) FACTEUR DE SERVICE = FS

C'est le coefficient de correction de la force de traction en fonction des conditions et des caractéristiques de fonctionnement du convoyeur. Le tableau suivant indique quelles sont les valeurs de Fs selon les applications les plus fréquentes.

TABLEAU 4

CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT	Fs
Position de la charge	
- centrale	1
- non centrale	1,2
Caractéristiques de la charge	
- uniforme: valeur de surcharge inférieure à 5%	1
- de faibles variations: valeurs de surcharge de 5 à 20%	1,2
- de fortes variations: valeur de surcharge de 20 à 40%	1,5
Fréquence de marche-arrêt avec charge	
- moins de 5 par jour	1
- de 5 par jour jusqu' à 2 par heure	1,2
- plus de 2 par heure	1,5
Milieu ambiant de travail	
- relativement propre	1
- moyennement poussiéreux ou sale	1,2
- humide, très sale et corrosif	1,3
Heures de fonctionnement/jour	
- jusqu'à 10h	1
- plus de 10h	1,2

On obtient la valeur de FS utilisée dans le calcul de la force de traction en multipliant entre elles les valeurs partielles (Fs) correspondant à chaque condition de fonctionnement.

5) FACTEUR DE L'EFFET POLYGONAL = FA

C'est le coefficient de correction de la force de traction, laquelle augmente à cause de la résistance de frottement due à l'enroulement des chaînes sur les roues de commande et de renvoi.

FA = 1,05 pour les roues montées sur douilles en bronze
 = 1,03 pour les roues montées sur roulements

La somme de tous produits obtenus en multipliant FA par la force de traction relevée sur chaque point d'enroulement détermine la nouvelle force de traction globale.

Nous ne pensons pas qu'il soit opportun de considérer le facteur FA dans les formules de calcul suivantes à cause de son incidence négligeable sur les convoyeurs élémentaires comme illustrés par les exemples.



a) Transport horizontal avec chaînes glissantes

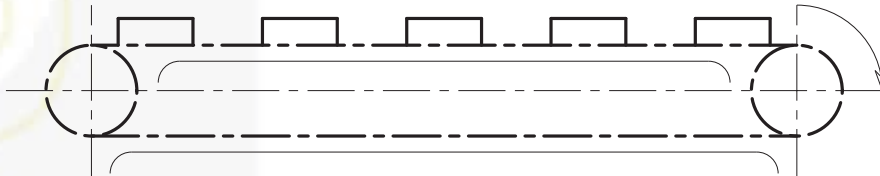


Fig. 3

$$T = 9,81 \frac{(P+P1) \cdot fr \cdot FS}{N^{\circ} \text{ de chaînes}} \text{ [N]}$$

b) Transport horizontal avec chaînes à galets

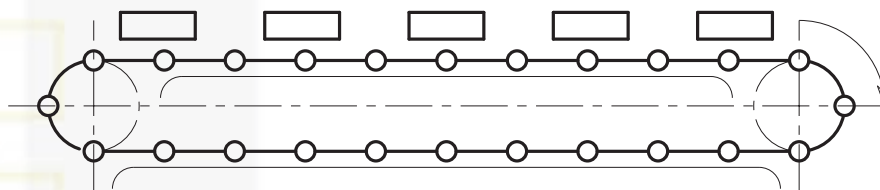


Fig. 4

$$T = 9,81 \frac{(P+P1) \cdot fv \cdot FS}{N^{\circ} \text{ de chaînes}} \text{ [N]}$$

c) Transport incliné avec chaînes glissantes

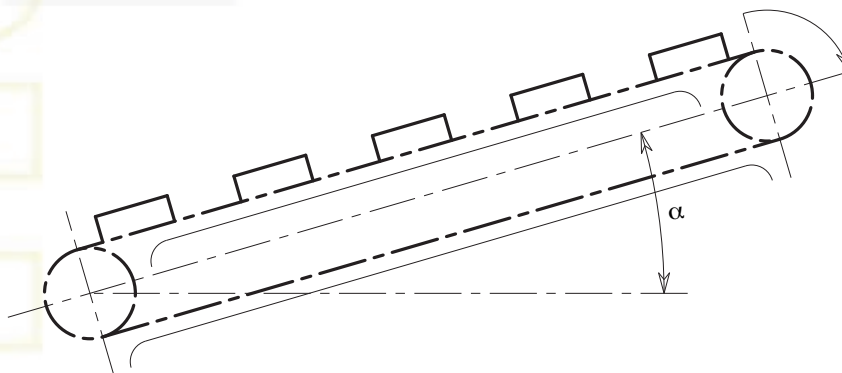


Fig. 5

$$T = 9,81 \frac{[\cos\alpha (P+P1) \cdot fr + \text{sen}\alpha \cdot P1] \cdot FS}{N^{\circ} \text{ de chaînes}} \text{ [N]}$$

d) Transport incliné avec chaînes a galets

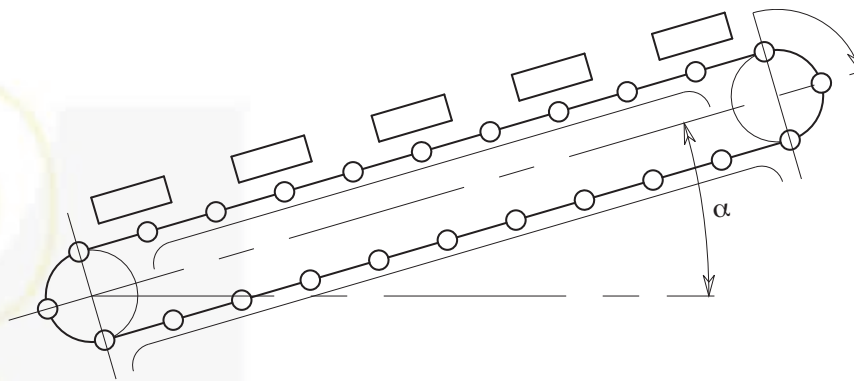


Fig. 6

$$T = 9,81 \frac{[\cos\alpha (P+P1) \cdot fv + \sin\alpha \cdot P1] \cdot FS}{N^{\circ} \text{ de chaînes}} \text{ [N]}$$

e) Transport vertical

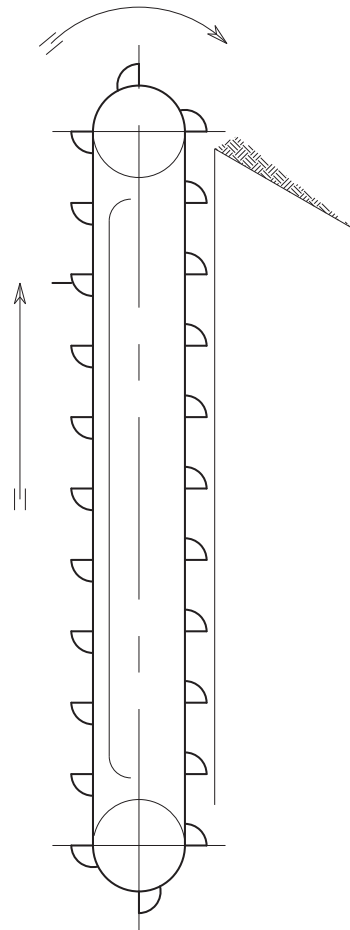


Fig. 7

$$T = 9,81 \frac{(P/2+P) \cdot FS}{N^{\circ} \text{ de chaînes}} \text{ [N]}$$

N.B.:

Pour solutions de transport vertical différentes de celle indiquée dans la figure il est préférable de consulter notre Bureau Technique

METHODE DE CALCUL DE LA FORCE DE TRACTION POUR CONVOYEURS A RACLETTES

Lors du calcul de la force de traction sur les chaînes des convoyeurs à raclettes, outre les symboles connus, nous indiquons:

- fm = coefficient de frottement entre le produit transporté et le canal transport – tableau 5
- L = segment de covoyeur chargé (m)
- Q = quantité de produit à transporter (T/h)
- H = hauteur du canal de transport (m)
- B = largeur du canal de transport (m)
- β = degré de remplissage du canal (de 0,5 à 0,6)
- γ = poids spécifique du produit transporté (T/m³) – tableau 5
- v = vitesse de déplacement de la chaîne (m/sec)

TABLEAU 5

PRODUIT TRANSPORTÉ	Masse spéc. γ . [T/m ³]	Coeff. frott. fm
Avoine	0,45	0,7
Blé	0,75	0,4
Maïs	0,8	0,4
Orge sec	0,45	0,7
Seigle	0,65	0,4
Riz	0,75	0,4
Graines de lin	0,7	0,4
Malt sec	0,4	0,4
Farine de blé	0,7	0,4
Farine de maïs	0,65	0,4
Sucre raffiné en poudre	0,8	0,5
Ciment	1,00	0,9
Charbon anthracite en morceaux	0,7÷0,9	0,4
Charbon coke	0,5	0,7
Argile sèche	1,6	0,7
Cendre	0,6	0,6
Gravier KLINKERF de ciment	1,3	0,8

** valeurs données à titre d'indication

a) Transport horizontal avec chaînes glissantes

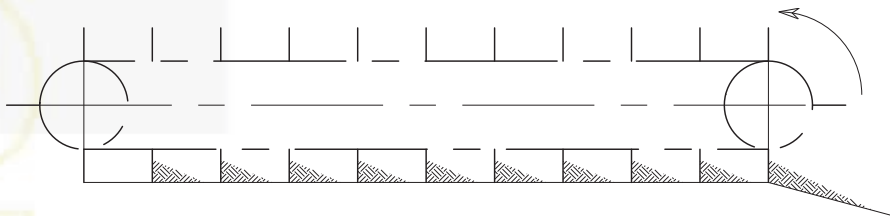


Fig. 8

$$T = 9,81 \frac{[(P \cdot fr + P1 \cdot fm) \cdot FS]}{N^{\circ} \text{ de chaînes}} \text{ [N]}$$

P1 peut être calculé comme suit:

a) $P1 = H \cdot B \cdot L \cdot \beta \cdot \gamma \cdot 1000 \text{ [kg]}$

b) $P1 = \frac{L \cdot Q}{3,6 \cdot v} \text{ [kg]}$

si Q n'est pas connu, il peut être calculé de cette façon: $Q = H \cdot B \cdot \beta \cdot \gamma \cdot v \cdot 3600 \text{ [T/h]}$



b) Transport horizontal avec chaînes à galets et raclettes

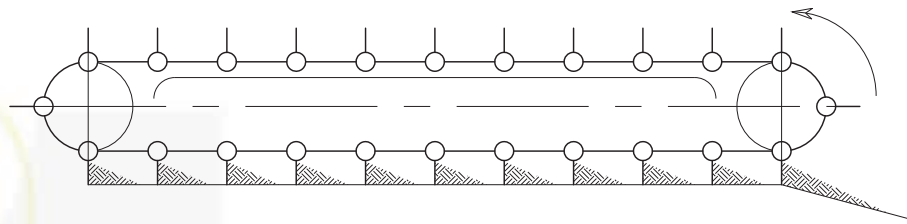


Fig. 9

$$T = 9,81 \frac{[(P \cdot fr + P1 \cdot fm) \cdot FS]}{N^{\circ} \text{ de chaînes}} \text{ [N]}$$

P1 peut être calculé comme suit:

a) $P1 = H \cdot B \cdot L \cdot \beta \cdot \gamma \cdot 1000 \text{ [kg]}$

b) $P1 = \frac{L \cdot Q}{3,6 \cdot v} \text{ [kg]}$

si Q n'est pas connu, il peut être calculé de cette façon: $Q = H \cdot B \cdot \beta \cdot \gamma \cdot v \cdot 3600 \text{ [T/h]}$

DETERMINATION DU TYPE DE CHAÎNE A EMPLOYER

Une fois déterminé l'effort maximum de traction, pour calculer les dimensions correctes de la chaîne il faudra tenir compte des solutions admissibles pour les matériaux de construction. Généralement, en partant avec une valeur de charge de travail égale à 2/3 de la charge de rupture de la chaîne, les matériaux subissent un effort allant au-delà des limites de "limite élastique" (0,2% d'allongement).

Nous conseillons donc que la charge de rupture de la chaîne soit au moins 8 fois l'effort maximum de traction et nous indiquons ce paramètre comme le "COEFFICIENT DE SECURITE". Des conditions d'exploitation particulièrement difficiles, avec des efforts de traction approximatifs dans leurs variations, exigent des coefficients de sécurité appropriés; pour les calculer notre Bureau Technique est à votre disposition. Après avoir déterminé le type de chaîne désiré nous vous conseillons, surtout en cas de manutention de charges concentrées sur des surfaces de transport réduites, de vérifier également les valeurs de pression entre galets – douilles et douilles – axes. Dans de telles conditions de charge, le calcul de la force de traction n'est pas toujours suffisant pour déterminer le type de chaîne devant être utilisé.

En effet, si les valeurs unitaires de pression dépassent les valeurs limites admissibles (indiquées dans le tableau 6-7), il faudra absolument choisir une chaîne offrant une plus grande surface de contact entre les galets et les douilles et entre les douilles et les axes, afin d'avoir une charge inférieure en fonction de l'unité de surface.

Calcul de la pression unitaire:

a) pression unitaire sur le galet = $\frac{P}{L \cdot Dr} \left[\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2} \right]$

b) pression unitaire sur l'axe = $\frac{T}{Lb \cdot Dp} \left[\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2} \right]$

où l'on a:

- P = charge (kg) supportée par chaque galet
- T = effort effectif de traction sur la chaîne (kg)
- L = longueur de l'alesage du galet (mm)
- Lb = longueur totale de la douille (mm)
- Dr = diamètre de l'alesage du galet (mm)
- Dp = diamètre extérieur de l'axe (mm)

PRESSIONS UNITAIRES MAXIMALES ADMISES

TABLEAU 6

MATERIAUX EN CONTACT		Press. spéc. maxi Kgf/mm ²
DOUILLE	AXE	
Acier cimenté	Acier cimenté	2,5
Acier cimenté	Acier traité	2,1
Fonte	Acier cimenté	1,75
Acier inox	Acier inox	1,2
Bronze	Acier cimenté	1

TABLEAU 7

MATERIAUX EN CONTACT		Press. spéc. maxi Kgf/mm ²
GALETS	DOUILLE	
Acier cimenté	Acier cimenté	1
Acier traité	Acier cimenté	1
Fonte	Acier cimenté	0,70
Bronze	Acier cimenté	0,60
Polyéthylène A.D.	Acier cimenté	0,1
Acier inox	Acier inox	0,40
Fonte	Bronze	0,28

CALCUL DE LA PUISSANCE DEMANDEE A L'ARBRE MOTEUR

Une fois déterminée la force **totale** de traction du convoyeur, nous conseillons (de suivre) la procédure suivante pour effectuer le calcul de la puissance demandée à l'arbre moteur:

$$M_t = T \cdot \frac{d_p}{2} \text{ [kgm]} \quad M_t = 716,2 \cdot \frac{N}{n} \text{ [kgm]}$$

où l'on a:

- M_t = moment de torsion (Kg m)
- N = puissance (CV)
- n = nombre de tours au 1' de la roue motrice du convoyeur
- T = force de traction de toutes les chaînes (Kg)
- d_p = diamètre primitif de la roue motrice (m)

D'après ces deux relations, nous pouvons affirmer que:

$$T \cdot \frac{d_p}{2} = 716,2 \cdot \frac{N}{n}$$

qui nous donne:

$$N = \frac{T \cdot d_p \cdot n}{2 \cdot 716,2} \text{ [CV]}$$

ou

$$N = \frac{T \cdot d_p \cdot n}{2 \cdot 973,8} \text{ [KW]}$$

a valeur théorique de puissance devra être corrigée en fonction du rendement mécanique des composants de la transmission de mouvement (moteurs-réducteurs-courroies-etc.).



LUBRIFICATION DES CHAINES

La lubrification des chaînes est amplement justifiée par quatre motifs:

- 1) REDUCTION DU COEFFICIENT DE FROTTEMENT
- 2) DIMINUTION DE L'USURE DE LA CHAINE ET ECONOMIE D'ENERGIE
- 3) PREVENTION DE LA CORROSION
- 4) FONCTIONNEMENT CORRECT DE LA CHAINE

1) REDUCTION DU COEFFICIENT DE FROTTEMENT

D'une manière générale on peut définir le frottement comme la résistance mécanique qui se produit dans le mouvement relatif entre deux surfaces. On doit distinguer avant tout le frottement statique du frottement dynamique.

Le premier, dit aussi frottement de premier départ, représente la résistance au mouvement relatif entre deux surfaces par suite de forces extérieures. L'expérience montre que pour obtenir le mouvement d'un corps de poids P appuyé sur un plan, la force F nécessaire doit dépasser la valeur de la résistance de frottement statique R_s donné par le produit entre P et le coefficient de frottement statique m .

Le frottement dynamique représente la résistance au maintien du mouvement relatif qui se produit entre deux surfaces par suite de forces extérieures. L'expérience montre que la résistance à vaincre pour maintenir le mouvement est toujours inférieure à celle nécessaire à le faire naître. La résistance de frottement dynamique R_d est donnée par le produit entre P et le coefficient de frottement dynamique f .

$$R_s = P \cdot \mu \text{ résistance de frottement statique ou de premier départ}$$

$$R_d = P \cdot f \text{ résistance de frottement dynamique}$$

Dans les cas les plus communs μ est de 1.5 à 3 fois plus grand de f .

La valeur des coefficients de frottement m et f dépend de la qualité des surfaces en contact, du type de contact (de glissement – de roulement), de la vitesse relative entre les surfaces et de la présence de lubrifiant.

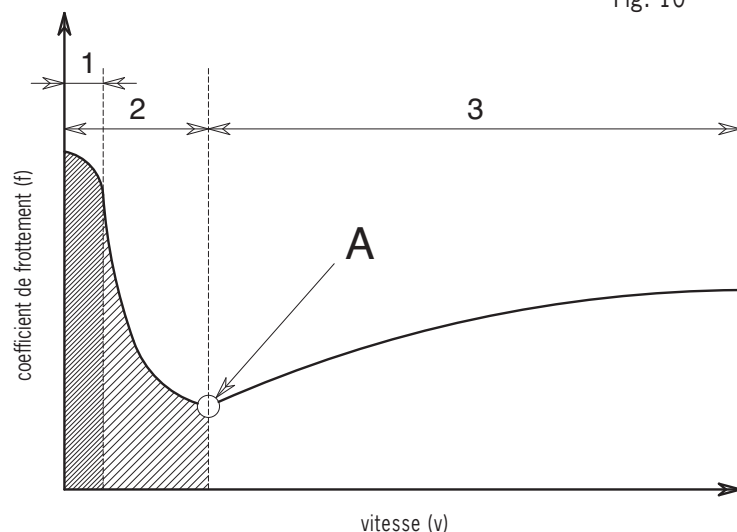
Les huiles et les graisses employées comme lubrifiants ont la propriété de former des pellicules superficielles au niveau moléculaire, qui adhèrent aux surfaces de contact. Ces couches très minces peuvent présenter des résistances très élevées à la destruction et permettre une remarquable réduction du coefficient de frottement, même sous l'effet de pressions élevées. C'est le cas du frottement graisseux ou frottement limite. La qualité du lubrifiant exerce une action plus décisive dans la véritable lubrification dynamique (frottement médiat).

Elle consiste dans l'interposition entre les surfaces glissantes, à obtenir un voile continu de lubrifiant ayant une épaisseur suffisante pour éliminer le contact direct entre les deux parties. Entre les conditions extrêmes de frottement graisseux et frottement médiat il peut se vérifier la condition intermédiaire de frottement assorti, dans laquelle les surfaces glissantes sont partiellement en contact entre elles.

(Voir Fig. 10 Courbe de Stribeck)

Sur les chaînes, il peut rarement se créer les conditions pour obtenir la lubrification hydrodynamique, le frottement qui se produit est alors de type graisseux ou tout au plus assorti.

Fig. 10



2) DIMINUTION DE L'USURE DE LA CHAÎNE ET ECONOMIE D'ENERGIE

Dans une chaîne, le mouvement relatif entre l'axe – douille et douille – galet, sans pellicule lubrifiante, entraîne, par le contact direct des surfaces, une abrasion progressive des pointes de rugosité et, par la suite, des surfaces elles-mêmes.

Cette condition favorise une détérioration précoce de la chaîne et cause une certaine augmentation de la résistance au frottement que la motorisation devra vaincre.

La présence d'une pellicule lubrifiante évite le contact direct des surfaces métalliques et élimine ces inconvénients.

La figure 11 illustre l'évolution du pourcentage d'allongement d'une chaîne, dû à l'usure, en fonction de la durée d'utilisation dans le temps et du type de lubrification.

L'interprétation des différentes courbes est la suivantes:

- représente la condition de fonctionnement à sec de la chaîne;
- montre la caractéristique d'allongement d'une chaîne, pré-lubrifiée par le fabricant, puis abandonnée au fonctionnement à sec;
- illustre le cas où l'intervalle de re-lubrification est trop long ou se vérifient cycliquement des périodes de fonctionnement à sec;
- représente la condition de lubrification insuffisante dû à une quantité trop faible ou à l'inaptitude du produit lubrifiant employé;
- lubrification optimale

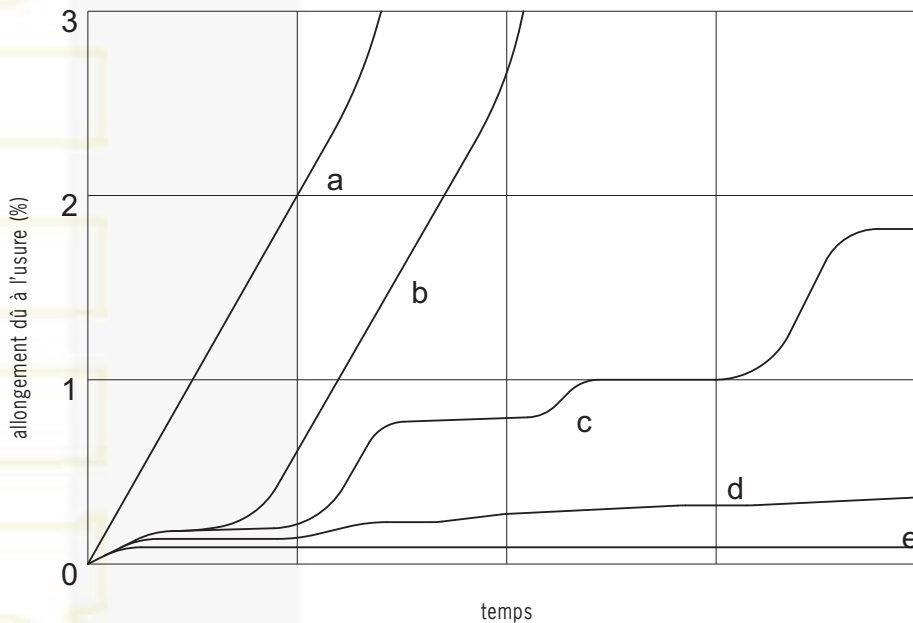


Fig. 11

3) PREVENTION DE LA CORROSION

Tout métal non protégé a tendance à s'oxyder.

Ce phénomène peut être accentué par des conditions particulières de fonctionnement comme, par exemple:

- de hautes températures
- un taux élevé d'humidité
- la présence de substances chimiques corrosives.

L'oxydation est une menace sérieuse contre la durée de vie de la chaîne. La présence d'une pellicule lubrifiante sur les surfaces des composants d'une chaîne, qui s'interpose entre ces derniers et le milieu environnant, empêche l'oxydation, donc la corrosion.

L'efficacité de cette protection peut être améliorée par la présence, à l'intérieur du lubrifiant, d'agents inhibiteurs de corrosion.

4) FONCTIONNEMENT CORRECT DE LA CHAÎNE

Comme tous les organes mécaniques en mouvement, même la chaîne doit être lubrifiée. Outre les avantages susdits, il faut ajouter qu'une lubrification effectuée correctement évite les bruits de fonctionnement et assure à la chaîne une durée de vie presque illimitée.

CHOIX DU LUBRIFIANT

L'utilisateur voudrait pouvoir résoudre tous les problèmes de lubrification avec un seul produit, mais un tel objectif n'a pas encore été atteint. De nombreux paramètres servent à la détermination du choix du lubrifiant; on peut affirmer que le paramètre fondamental est certainement la température d'exploitation de la chaîne, en fonction de laquelle on peut effectuer une division générale en quatre zones:

- a) basse température - - 40°C à 15°C
- b) température normale - 15°C à 110°C
- c) température élevée - 110°C à 250°C
- d) température très élevée - au-delà de 250°C

A) BASSE TEMPERATURE (DE - 40°C A 15°C)

Il est nécessaire d'utiliser un lubrifiant, normalement synthétique, de très basse viscosité. Dans le cas où l'inévitable égouttement des produits fluides n'est pas tolérable, il est nécessaire d'avoir recours à des graisses ou éventuellement en mélangeant ces dernières avec des solvants appropriés.

Pour ces emplois nous signalons l'huile KLÜBERSYNTH UH14-68N et la graisse ISOFLEX NBU 15 (KLÜBER LUBRICATION).

B) TEMPERATURE NORMALE (110°C MAXI AVEC DES POINTES DE 150°C MAXI)

Cette température représente la condition d'exploitation la plus répandue et dont la solution est la plus facile.

Nous déconseillons l'emploi de minéraux mais nous conseillons d'utiliser des produits spécifiques pour les chaînes, ajoutés à des "adjuvants" pour éviter la formation de gouttes et améliorer la diffusion capillaire. Un produit qui correspond à de telles caractéristiques est la graisse fluide STRUCTOVIS FHD (KLUBER LUBRICATION). Les caractéristiques particulières de ce produit sont l'excellente adhésivité qui réduit nettement la formation de gouttes et la faible tension superficielle qui permet d'évincer d'éventuelles gouttes sur la surface métallique, permettant ainsi une parfaite lubrification même en cas de mauvaises conditions de travail.

C) TEMPERATURES ELEVEES (DE 150° C A 250° C)

Dans cet intervalle de température il faut absolument utiliser des huiles synthétiques car elles ont une stabilité thermique nettement supérieure à celle des huiles minérales. Normalement on préfère les huiles contenant des combinaisons de pigments solides à base de graphite ou de bisulfure de molybdène qui donnent au produit des caractéristiques de lubrification d'urgence et qui augmentent le facteur de charge (valeur spécifique de pression admise). La qualité des adjuvants est fondamentale dans ces huiles afin d'éviter la formation de dépôts dangereux lors des lubrifications suivantes. D'excellents résultats ont été obtenus en utilisant de l'huile synthétique SYNTHESCO (KLUBER LUBRICATION). La principale caractéristique est une moindre tendance au développement de fumée qui, de toute façon N'EST PAS TOXIQUE.

D) TEMPERATURE TRES ELEVEES

En de telles conditions de température on ne peut penser à une lubrification fluide. Le choix se dirigera vers des suspensions solides avec des agents synthétiques qui, après évaporation, assurent une lubrification sèche de longue durée. Dans ce cas, la formation d'une certaine quantité de fumée est inévitable et il faudra faire attention à l'emploi correct du lubrifiant qui sera appliqué là où la température de la chaîne sera aussi basse que possible. Une solution efficace à de tels problèmes est représentée par la suspension WOLFRAKOTE TOP FLUID S (KLUBER LUBRICATION).

NETTOYAGE DE LA CHAÎNE

Cette opération, couplée à la lubrification, représente la condition essentielle pour garantir un fonctionnement correct de la chaîne. La même lubrification peut se révéler complètement inefficace si elle n'est pas précédée d'un bon nettoyage des parties intéressées.



Il est opportun d'exécuter le nettoyage des chaînes au moins dans les circonstances suivantes:

- Avant des périodes d'arrêt prolongées, p.ex. saisonniers. Il est recommandé d'appliquer un produit protecteur approprié après nettoyage.
- Quand les impuretés ancrées aux chaînes sont de nature et consistance telles qu'il est impossible de les éliminer avec les méthodes traditionnelles, (avec de l'eau, pour la chaîne montée sur l'installation)
- Quand le produit employé pour la re-lubrification et le lubrifiant d'origine, encore présent sur la chaîne, ne sont pas compatibles

Le procédé suggéré pour le nettoyage est le suivant:

1. Eliminer les impuretés les plus évidentes en utilisant des brosses ou des chiffons
2. Laver la chaîne avec un solvant capable de diluer le lubrifiant existant
3. Plonger la chaîne pendant quelques heures dans un solvant capable de diluer le lubrifiant existant et ensuite la remuer pour faciliter l'élimination des déchets

Dans le cas où il n'est pas possible d'arrêter l'installation, il est conseillé d'appliquer le lubrifiant d'origine en dilution 1:1 avec le détergent. Chaque cas doit quand même être soumis aux techniciens de la lubrification.

LUBRIFICATION INITIALE

Le lubrifiant spécial STRUCTOVIS FHD de KLÜBER LUBRICATION est utilisé pour la lubrification initiale des chaînes. Cette huile pour chaînes d'une structure visqueuse se différencie incontestablement des lubrifiants traditionnels pour chaînes par les caractéristiques suivantes:

- forte adhérence (ne goutte pas)
- hydrophobe
- très bonne protection contre l'usure
- excellente stabilité au vieillissement
- très bonne résistance aux températures jusqu'à 150°C

STRUCTOVIS FHD – Propriétés physico-chimiques		
Densité à 20°C (g/cm ³)	DIN 51757	env. 0,890
Viscosité cinématique [mm ² /sec]	DIN 51561	
	at 40° C	145
	at 50° C	86
	at 100° C	15
Index de viscosité	ISO 2909	100
Point éclair (°C)	DIN 51376	>250
Pourpoint (°C)	DIN ISO 3016	-12

KLÜBER Lubrication Italia est une société soeur de KLÜBER Lubrication Munchen KG depuis 1979 qui, avec ses 14 sites de production et plus de 50 bureaux de vente, est mondialement représentée.

KLÜBER Lubrication, avec sa large gamme de lubrifiants spéciaux, offre des solutions pour toutes les exigences dans le domaine de la lubrification.

KLÜBER Lubrication Italia dispose des certifications selon UNI EN ISO 9001:2000, UNI EN ISO 14001 et d'une CE éco-audit validation EMAS.

Les Lubrifiants KLÜBER sont disponibles aussi en toute Europe.

KLÜBER Lubrication Italia s.a.s.
Via Monferrato, 57
20098 S.Giuliano Milanese (MI)
Tel. 02-98213.1 - Fax 02-98.28.15.95
klita@klueber.com



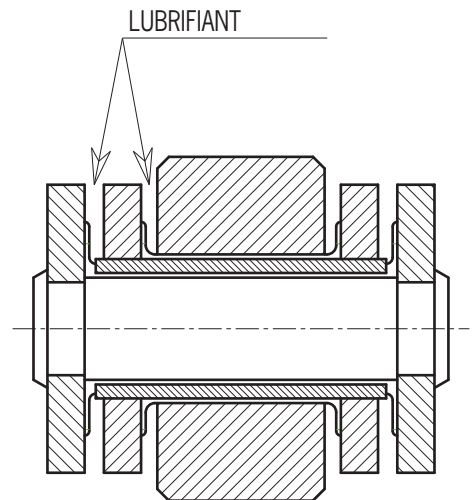
SYSTEMES DE LUBRIFICATION

Généralement nous recommandons de distribuer le lubrifiant à l'aide d'appareils automatiques. Cette méthode permet d'éviter le fonctionnement à sec de la chaîne et, en même temps, assure le dosage optimal du lubrifiant; on évite ainsi la possibilité d'excès de lubrification entraînant la formation de gouttes de produit.

Le lubrifiant, qu'il soit injecté, vaporisé, etc., doit être porté sur les côtés du galet et entre les plaques, en correspondance de l'axe afin qu'il puisse pénétrer dans toute l'articulation de la chaîne. Généralement si l'on utilise le lubrifiant **approprié** ayant une capacité élevée de lubrification, la chaîne n'a pas besoin d'être mouillée, il suffit qu'elle soit humide.

En ce qui concerne les intervalles de lubrification et les quantités de produit à appliquer, on ne peut pas donner d'indications générales.

Chaque cas sera vérifié individuellement.



CONCLUSIONS

Les indications susdites n'ont pas la prétention de traiter à fond l'argument en question: les problèmes liés aux différentes applications sont innombrables. L'objectif principal de ce manuel est de mettre en évidence l'importance de l'argument, bien souvent ignoré, souvent sous-estimé et rarement considéré comme déterminant.

CODIFICATION DES CHAINES

Afin d'employer un même langage technique qui ne donne pas lieu à des interprétations erronées, nous conseillons une terminologie commune à adopter dans l'identification des chaînes. Par simplicité d'expression nous prenons en considération, séparément, le type de chaîne et le type d'attache.

TYPE DE CHAINE

a) En général il est défini par la "Numéro de Chaîne" qui résume toutes les caractéristiques dimensionnelles telles que: pas, largeur intérieure, diamètre galet, etc.

Exemple:

Chaîne N° 352 - No. C2080H - No. 400C

b) En particulier, pour les chaînes "non standard en pouces", "série DIN 8167" et "série DIN 8165", le type de chaîne est défini par le "N° chaîne" suivi par une lettre qui identifie la solution à douilles (A), la solution à rouleaux (B), la solution à galets (C), ou la solution à galets épaulés (D) et par le numéro qui spécifie le pas de la chaîne car, pour ces séries, différents pas correspondent à un même numéro de chaîne.

Exemples:

a) Chaîne N° Z40-A-101,6

signifie:

Z40	=	chaîne à axes pleines série non standard en pouces
A	=	chaîne à douille
101,6	=	pas 101,6 mm (pouces)

b) Chaîne N° MC112-D-200

signifie:

MC112 = chaîne à axes creux série DIN 8168
D = à galet épaulé
200 = pas 200 mm

c) Les chaînes spéciales qui ne figurent pas sur ce catalogue, sont classées en fonction du pas, de la largeur intérieure, du diamètre du galet et du plan correspondant qui illustre toutes les autres caractéristiques.

Exemple:

chaîne pas 150 X 23 X 45 selon le plan n° 001954

Toutes dérogations aux standards de production doivent être précisés selon leurs caractéristiques.

Exemples:

- a) chaîne N° 500 zinguée
- b) chaîne N° 500 avec plaques traitées
- c) chaîne N° 500 avec rouleau diamètre 20 mm

TYPE D'ATTACHE

Généralement il est défini selon ses caractéristiques dimensionnelles par les tableaux des attaches correspondant aux divers types de chaîne ou, en cas d'exécutions spéciales, par un plan détaillé. Lors de l'identification de la chaîne, la nécessité de spécifier si l'attache est prévue, quelle sera sa position, combien de trous aura-t-elle, se concrétise en faisant suivre au "type de chaîne" (voir le paragraphe précédent) les symboles suivants:

A = attache pliée d'un côté
M = attache verticale d'un côté
K = attache pliée de deux côtés
MK = attache verticale de deux côtés
1 = attache à un trou
2 = attache à deux trous
3 = attache à trois trous
01 = attache sur tous les pas
02 = attache tous les 2 pas
10 = attache tous les 10 pas
0X = attache tous les X pas

- **ATTACHES SPÉCIAUX SELON DEMANDE DU CLIENT**

Exemples:

a) chaîne N° 500A202

signifie:

chaîne type 500 avec attaches d'un côté, à deux trous, tous les deux pas.

b) chaîne N° 703K304

signifie:

chaîne type 703 avec attaches de deux côtés à trois trous, tout les quatre pas.

c) chaîne N° M160C125A203

signifie:

chaîne série M ... avec attaches d'un côté, à deux trous, tous les trois pas.



Des attaches spéciales ou différentes des celles en catalogue sont régies par les mêmes critères de classement que les attaches standard mais doivent toujours faire référence à un plan.

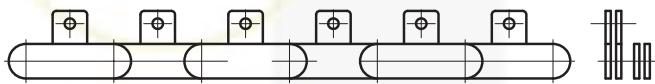
Exemple:

Chaîne N° 704A101 selon plan N° 001988

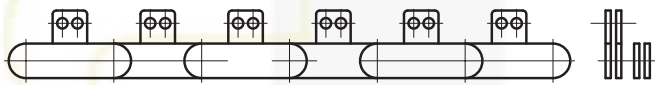
Dans le cas d'attaches à intervalles de pas pairs (02-04-06- etc), on a coutume de considérer leur montage sur les maillons extérieurs de la chaîne: il faudra donc préciser "SUR MAILLONS INTERIEURS" si telle est la solution demandée.

Sur les pages suivantes, vous pourrez voir les combinaisons habituelles de montage des attaches.

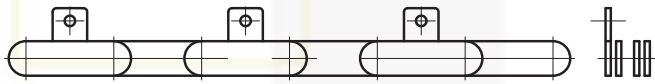
MONTAGE DES ATTACHES



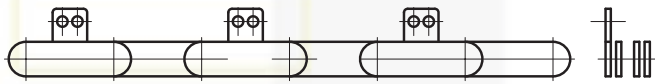
M1-01



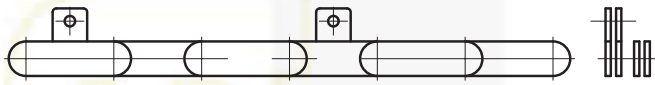
M2-01



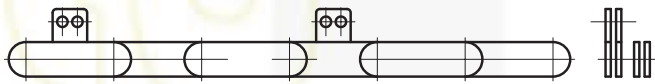
M1-02



M2-02



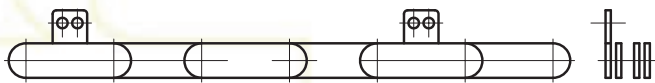
M1-03



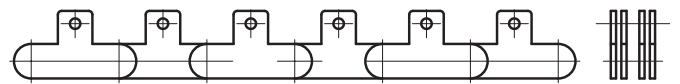
M2-03



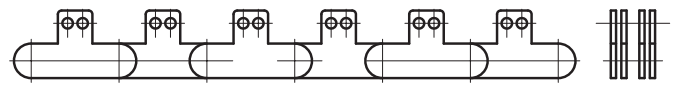
M1-04



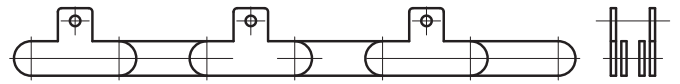
M2-04



MK1-01



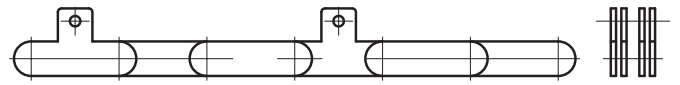
MK2-01



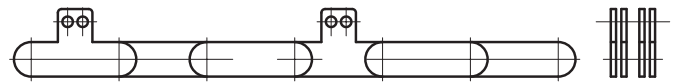
MK1-02



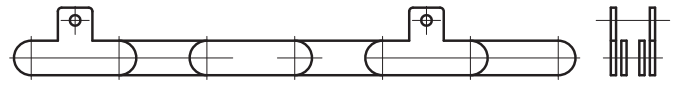
MK2-02



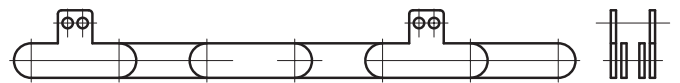
MK1-03



MK2-03

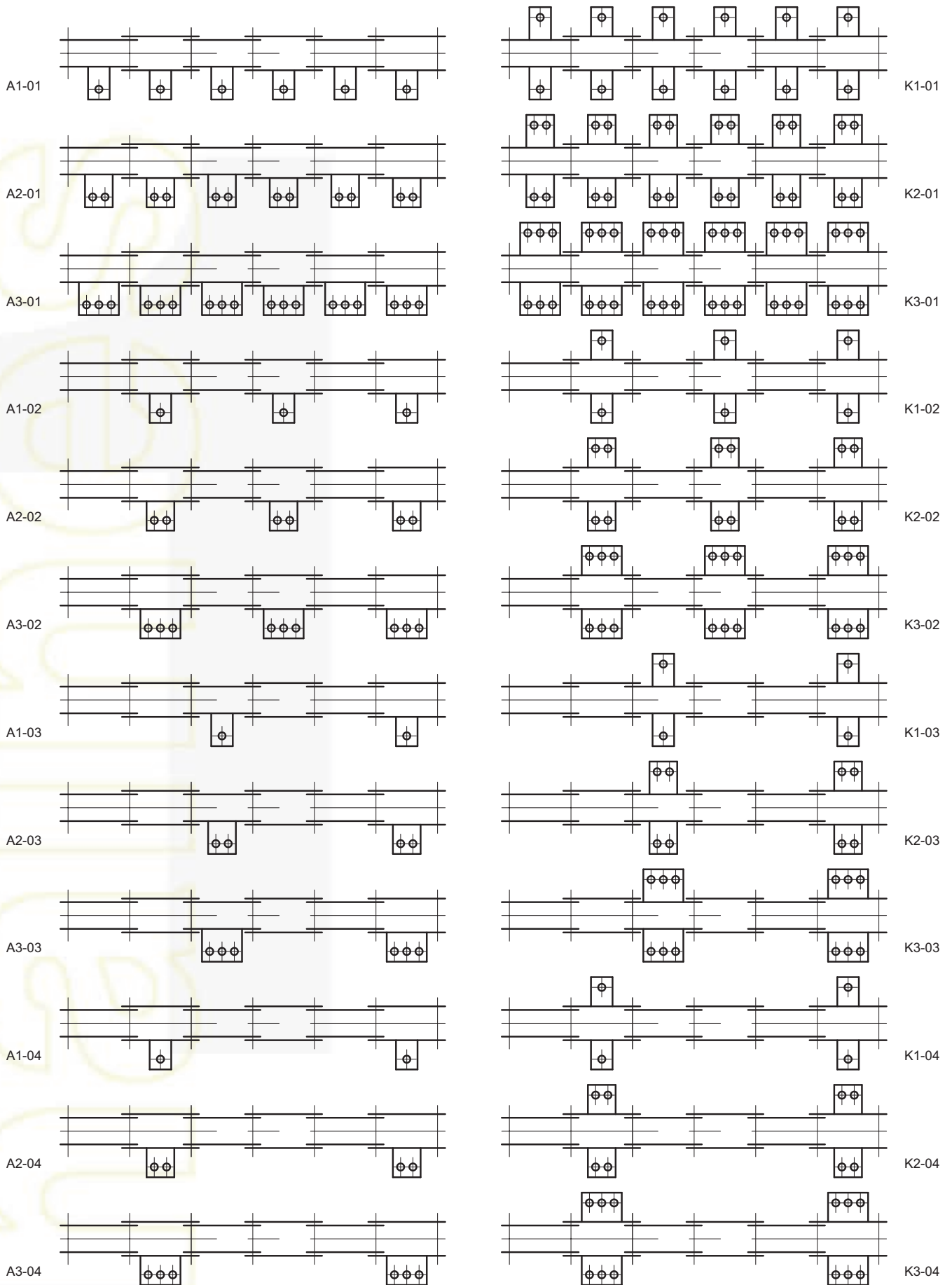


MK1-04



MK2-04





ATTACHES SPÉCIAUX SELON DEMANDE DU CLIENT



FACTEURS DE CONVERSION

Unité de mesure	LONGUEUR	Multipliant par	On optient	Unité de mesure
m	mètre	39,3701	pouces	in
m	mètre	3,28084	pieds	ft
m	mètre	1,09361	yard	yd
cm	centimètre	0,393701	pouces	in
cm	centimètre	0,032808	pieds	ft
mm	millimètre	0,039370	pouces	in
mm	millimètre	0,003280	pieds	ft
in	pouces	25,4	millimètre	mm
in	pouces	2,54	centimètre	cm
in	pouces	0,0254	mètre	m
ft	pieds	304,8	millimètre	mm
ft	pieds	30,48	centimètre	cm
ft	pieds	0,3048	mètre	m
mi	mille	1,60934	kilomètre	km
mi	mille	1609,344	mètre	m
km	kilomètre	0,621371	mille	mi
Unité de mesure	AIRE	Multipliant par	On optient	Unité de mesure
m ²	mètre carré	1550	pouces carré	in ²
m ²	mètre carré	10,7639	pieds carré	ft ²
m ²	mètre carré	1,19599	yard carré	yd ²
cm ²	centimètre carré	0,001076	pieds carré	ft ²
cm ²	centimètre carré	0,155	pouces carré	in ²
mm ²	millimètre carré	0,00155	pouces carré	in ²
mm ²	millimètre carré	0,000010 (1,07639x10 ⁻⁵)	pieds carré	ft ²
in ²	pouces carré	0,000645 (6,64516x10 ⁻⁴)	mètre carré	m ²
in ²	pouces carré	6,4516	centimètre carré	cm ²
in ²	pouces carré	645,16	millimètre carré	mm ²
ft ²	pieds carré	0,092903	mètre carré	m ²
ft ²	pieds carré	929,03	centimètre carré	cm ²
ft ²	pieds carré	92903	millimètre carré	mm ²
Unité de mesure	VOLUME	Multipliant par	On optient	Unité de mesure
m ³	mètre cube	61023,7	pouces cube	in ³
m ³	mètre cube	35,3147	pieds cube	ft ³
m ³	mètre cube	219,969	gallon Anglaise	UK gallon
m ³	mètre cube	264,172	gallon Américaine	gal (U.S. liquid)
l (dm ³)	litre (decimètre cube)	61,0237	pouces cube	in ³
l (dm ³)	litre (decimètre cube)	0,035314	pieds cube	ft ³
l (dm ³)	litre (decimètre cube)	0,219969	gallon Anglaise	UK gallon
l (dm ³)	litre (decimètre cube)	0,264172	gallon Américaine	gal (U.S. liquid)
cm ³	centimètre cube	0,061023	pouces cube	in ³
cm ³	centimètre cube	0,000035 (3,53147x10 ⁻⁵)	pieds cube	ft ³
ft ³	pieds cube	0,028316	mètre cube	m ³
ft ³	pieds cube	28,3168	litre (decimètre cube)	l (dm ³)
ft ³	pieds cube	28316,8	centimètre cube	cm ³
in ³	pouces cube	0,000016 (1,63871x10 ⁻⁵)	mètre cube	m ³
in ³	pouces cube	0,016387	litre (decimètre cube)	l (dm ³)
in ³	pouces cube	16,3871	centimètre cube	cm ³
UK gallon	UK gallon	0,004546	mètre cube	m ³
UK gallon	UK gallon	4,54609	litre (decimètre cube)	l (dm ³)
Unité de mesure	ANGLES	Multipliant par	On optient	Unité de mesure
°	degré	0,017453	radian	rad
rad	radian	57,2958	degré	°

FACTEURS DE CONVERSION

Unité de mesure	MOMENT DE TORSION	Multipliant par	On optient	Unité de mesure
N m	newton mètre	0,101972	kilogramme	kgf m
N m	newton mètre	0,737562	livre force pied	lbf ft
N m	newton mètre	8,85075	livre force pouce	lbf in
kgf m	kilogramme	9,80665	newton mètre	N m
kgf m	kilogramme	7,23301	livre force pied	lbf ft
kgf m	kilogramme	86,7962	livre force pouce	lbf in
lbf in	livre force pouce	0,112985	newton mètre	N m
lbf in	livre force pouce	0,0115212	kilogramme	kgf m
lbf ft	livre force pied	1,35582	newton mètre	N m
lbf ft	livre force pied	0,138255	kilogramme	kgf m
Unité de mesure	FORCE ET FORCE PESO	Multipliant par	On optient	Unité de mesure
N	newton	0,101972	kilogramme force	kg
N	newton	0,224809	livre force	lbf
kgf	kilogramme force	9,80665	newton	N
kgf	kilogramme force	2,20462	livre force	lbf
lbf	livre force	4,44822	newton	N
lbf	livre force	0,453592	kilogramme	kgf
ton f (ANGLAISE)	ton force ANGLAISE	9964,02	newton	N
ton f (ANGLAISE)	ton force ANGLAISE	1016,05	kilogramme force	kgf
ton f (AMÉRICAIN)	ton force AMÉRICAIN	8896,44	newton	N
ton f (AMÉRICAIN)	ton force AMÉRICAIN	907,185	kilogramme force	kgf
tf	tonne métrique force	9806,65	newton	N
tf	tonne métrique force	1000	kilogramme force	kgf
Unité de mesure	MASSE/POIDS	Multipliant par	On optient	Unité de mesure
kg	kilogramme	2,20462	livre	lb
kg	kilogramme	0,000984 (9,84207x10 ⁻⁴)	ton ANGLAISE	ton UK
kg	kilogramme	0,001102	ton AMÉRICAIN	ton US
kg	kilogramme	0,001	tonne métrique	t
lb	livre	0,453592	kilogramme	kg
ton ANGLAISE	ton ANGLAISE	1016,05	kilogramme	kg
ton AMÉRICAIN	ton AMÉRICAIN	907,185	kilogramme	kg
t	tonne métrique	1000	kilogramme	kg
Unité de mesure	DENSITE masse pour unité de volume	Multipliant par	On optient	Unité de mesure
kg/m ³	kilogramme par mètre cube	0,62428	livre par pied cube	lb/ft ³
kg/m ³	kilogramme par mètre cube	0,00036 (3,61273x10 ⁻⁵)	livre par pouce cube	lb/in ³
kg/m ³	kilogramme par mètre cube	0,001	kilogramme par litre	kg/l
lb/ft ³	livre par pied cube	16,0185	kilogramme par mètre cube	kg/m ³
lb/in ³	livre par pouce cube	27679,9	kilogramme par mètre cube	kg/m ³
kg/l	kilogramme par litre	1000	kilogramme par mètre cube	kg/m ³
kg/l	kilogramme par litre	62,428	livre par pied cube	lb/ft ³
kg/l	kilogramme par litre	0,036127	livre par pouce cube	lb/in ³
lb/ft ³	livre par pied cube	0,016018	kilogramme par litre	kg/l
lb/in ³	livre par pouce cube	27,6799	kilogramme par litre	kg/l
Unité de mesure	POIDS POUR UNITÉ DE LONGUEUR	Multipliant par	On optient	Unité de mesure
kg/m	kilogramme par mètre	0,671972	livre par pied	lb/ft
lb/ft	livre par pied	0,13826	kilogrammes force par mètre	kg/m
Unité de mesure	PUISSANCE	Multipliant par	On optient	Unité de mesure
Hp	horsepower	746	watt	W
CV	cheval-vapeur	735,499	watt	W
W	watt	0,001340	horsepower	Hp
W	watt	0,001359	cheval-vapeur	CV



FACTEURS DE CONVERSION

Unité de mesure	PUISSANCE	Multipliant par	On optient	Unité de mesure
kW	kilowatt	1000	watt	W
kW	kilowatt	1,34048	horsepower	Hp
kW	kilowatt	1,35962	cheval-vapeur	CV
Hp	horsepower	0,746	kW kilowatt	kW
CV	cheval-vapeur	0,735499	kW kilowatt	kW
Unité de mesure	PRESSION	Multipliant par	On optient	Unité de mesure
Pa (N/m ²)	pascal	0,0000010 (1,01972x10 ⁻⁷)	kilogrammes force par millimetro carré	kgf/mm ²
Pa (N/m ²)	pascal	0,000010 (1,01972x10 ⁻⁵)	kilogrammes force par centimètre carré	kgf/cm ²
Pa (N/m ²)	pascal	0,00001 (10 ⁻⁵)	bar	bar
Pa (N/m ²)	pascal	0,000009 (9,86923x10 ⁻⁶)	atmosphère	atm
Pa (N/m ²)	pascal	0,020885	livre par pied carré	lbf/ft ²
Pa (N/m ²)	pascal	0,000145 (1,45038x10 ⁻⁴)	livre par pouce carré	lbf/in ² (psi)
Mpa (N/mm ²)	mégapascal	0,101972	kilogrammes force par millimetro carré	kgf/mm ²
Mpa (N/mm ²)	mégapascal	10,1972	kilogrammes force par centimètre carré	kgf/cm ²
Mpa (N/mm ²)	mégapascal	10	bar	bar
Mpa (N/mm ²)	mégapascal	9,86923	atmosphère	atm
Mpa (N/mm ²)	mégapascal	20885,4	livre force par pied carré	lbf/ft ²
Mpa (N/mm ²)	mégapascal	145,038	livre force par pouce carré	lbf/in ² (psi)
kgf/cm ²	kilogrammes force par centimètre carré	98066,5	pascal	Pa (N/m ²)
kgf/cm ²	kilogrammes force par centimètre carré	0,098066	mégapascal	Mpa (N/mm ²)
kgf/cm ²	kilogrammes force par centimètre carré	14,2233	livre force par pouce carré	lbf/in ² (psi)
kgf/cm ²	kilogrammes force par centimètre carré	2048,16	livre force par pied carré	lbf/ft ²
kgf/cm ²	kilogrammes force par centimètre carré	0,980665	bar	bar
kgf/cm ²	kilogrammes force par centimètre carré	0,967841	atmosphère	atm
kgf/mm ²	kilogrammes force par millimetro carré	9806650	pascal	Pa (N/m ²)
kgf/mm ²	kilogrammes force par millimetro carré	9,80665	mégapascal	Mpa (N/mm ²)
kgf/mm ²	kilogrammes force par millimetro carré	1422,33	livre force par pouce carré	lbf/in ² (psi)
kgf/mm ²	kilogrammes force par millimetro carré	204816	livre force par pied carré	lbf/ft ²
kgf/mm ²	kilogrammes force par millimetro carré	98,0665	bar	bar
kgf/mm ²	kilogrammes force par millimetro carré	96,7841	atmosphère	atm
lbf/ft ²	livre force par pied carré	47,8803	pascal	Pa (N/m ²)
lbf/ft ²	livre force par pied carré	0,000047 (4,78803x10 ⁻⁵)	mégapascal	Mpa (N/mm ²)
lbf/ft ²	livre force par pied carré	0,000488	kilogrammes force par centimètre carré	kgf/cm ²
lbf/ft ²	livre force par pied carré	0,000004 (4,88243x10 ⁻⁶)	kilogrammes force par millimetro carré	kgf/mm ²
lbf/ft ²	livre force par pied carré	0,000478 (4,78803x10 ⁻⁴)	bar	bar
lbf/ft ²	livre force par pied carré	0,000472 (4,72541x10 ⁻⁴)	atmosphère	atm
lbf/in ² (psi)	livre force par pouce carré	6894,76	pascal	Pa (N/m ²)
lbf/in ² (psi)	livre force par pouce carré	0,006894	mégapascal	Mpa (N/mm ²)
lbf/in ² (psi)	livre force par pouce carré	0,070307	chilogrammi forza al centimetro quadrato	kgf/cm ²
lbf/in ² (psi)	livre force par pouce carré	0,000703 (7,0307x10 ⁻⁴)	chilogrammi forza al millimetro quadrato	kgf/mm ²
lbf/in ² (psi)	livre force par pouce carré	0,068947	bar	bar
lbf/in ² (psi)	livre force par pouce carré	0,068046	atmosphère	atm
bar	bar	100000	Pascal	Pa (N/m ²)
bar	bar	0,1	mégapascal	Mpa (N/mm ²)
bar	bar	0,986923	atmosphère	atm
atm	atmosphère	101325	Pascal	Pa (N/m ²)
atm	atmosphère	0,101325	mégapascal	Mpa (N/mm ²)
atm	atmosphère	1,01325	bar	bar
Unité de mesure	PORTEE EN MASSE	Multipliant par	On optient	Unité de mesure
kg/sec	kilogramme par seconde	60	kilogramme par minute	kg/min
kg/sec	kilogramme par seconde	3600	kilogramme par heure	kg/h
kg/sec	kilogramme par seconde	132,277	livre par minute	lb/min
kg/sec	kilogramme par seconde	7936,64	livre par heure	lb/h
kg/sec	kilogramme par seconde	3,6	ton par heure	t/h



FACTEURS DE CONVERSION

Unité de mesure	PORTEE EN MASSE	Multipliant par	On optient	Unité de mesure
kg/sec	kilogramme par seconde	3,54314	tonne Anglaise par heure	ton UK/h
kg/sec	kilogramme par seconde	3,96832	tonne Américaine par heure	ton US/h
kg/min	kilogramme par minute	0,016666	kilogramme par seconde	kg/sec
kg/h	kilogramme par heure	0,000277 (2,77778x10 ⁻⁴)	kilogramme par seconde	kg/sec
lb/min	livre par minute	0,00755987	kilogramme par seconde	kg/sec
lb/h	livre par heure	0,000125 (1,25998x10 ⁻⁴)	kilogramme par seconde	kg/sec
t/h	ton par heure	0,277778	kilogramme par seconde	kg/sec
ton UK/h	tonne Anglaise par heure	0,282235	kilogramme par seconde	kg/sec
ton US/h	tonne Américaine par heure	0,251996	kilogramme par seconde	kg/sec
Unité de mesure	VITESSE	Multipliant par	On optient	Unité de mesure
m/sec	mètre par seconde	39,3701	pouces par seconde	in/sec
m/sec	mètre par seconde	2362,2	pouces par minute	in/min
m/sec	mètre par seconde	3,28084	pieds par seconde	ft/sec
m/sec	mètre par seconde	196,85	pieds par minute	ft/min
m/sec	mètre par seconde	3,6	kilomètre par heure	km/h
m/sec	mètre par seconde	2,23694	mille par heure	mi/h
m/min	mètre par minute	0,016666	mètre par seconde	m/sec
m/min	mètre par minute	0,656168	pouces par seconde	in/sec
m/min	mètre par minute	39,3701	pouces par minute	in/min
m/min	mètre par minute	0,054680	pieds par seconde	ft/sec
m/min	mètre par minute	3,28084	pieds par minute	ft/min
m/min	mètre par minute	0,06	kilomètre par heure	km/h
m/min	mètre par minute	0,037282	mille par heure	mi/h
in/sec	pouces par seconde	0,0254	mètre par seconde	m/sec
in/min	pouces par minute	0,000423 (4,23333x10 ⁻⁴)	mètre par seconde	m/sec
ft/sec	pieds par seconde	0,3048	mètre par seconde	m/sec
ft/min	pieds par minute	0,00508	mètre par seconde	m/sec
km/h	kilomètre par heure	0,2778	mètre par seconde	m/sec
mi/h	mille par heure	0,44704	mètre par seconde	m/sec
in/sec	pouces par seconde	1,524	mètre par minute	m/min
in/min	pouces par minute	0,0254	mètre par minute	m/min
ft/sec	pieds par seconde	18,288	mètre par minute	m/min
ft/min	pieds par minute	0,3048	mètre par minute	m/min
km/h	kilomètre par heure	16,6667	mètre par minute	m/min
mi/h	mille par heure	26,82240	mètre par minute	m/min
Unité de mesure	TEMPERATURE	En appliquant la formule suivante	On optient	Unité de mesure
°C	degré centigrade	$(t_c \times 1,8) + 32$ t_c =temperature in °C	degré Fahrenheit	°F
°F	degré Fahrenheit	$5/9 \times (t_f - 32)$ t_f =temperature in °F	degré centigrade	°C
K	kelvin	$t_k - 273,15$ t_k = temperature in K	degré centigrade	°C