



## Le zinc coulé sous-pression Pourquoi ?



3 541952  
412385 33665  
439521  
4488 996 555  
462357 230 456 698  
5741  
3654442144  
224  
563 976  
98  
5741 365  
411632  
1145214  
5741 365444224  
563 974  
033 5  
41952412385  
439  
5214  
752214  
4785  
36 011453  
20

Valorisez la renommée de votre marque et de vos produits :  
Utilisez des pièces de haute technicité coulées sous-pression en zinc qui vont vous  
assurer dans le design un maximum de liberté et de précision.



## Le procédé de coulée sous-pression

Le procédé de moulage sous-pression consiste à injecter le métal liquide à l'intérieur de la cavité du moule. Celle-ci est usinée avec grande précision et avec des tolérances serrées dans un bloc d'acier spécial résistant à la température. Les pièces sont obtenues aux dimensions finales grâce d'une part au retrait de solidification uniforme qui caractérise les alliages de zinc et d'autre part à l'emploi du "Process Control". Etant donné l'intervalle de solidification relativement bas des alliages de zinc (379-390°C), la coulée sous-pression du zinc permet d'atteindre les cycles de production les plus élevés parmi les métaux pour coulée. Cette technologie peut être utilisée pour produire des pièces allant de 1 g à 1 kg et plus.

## Sommaire

- 5 Harmonie avec l'environnement
- 6 Attraction esthétique
- 8 Résistance
- 10 Ténacité
- 12 Uniformité
- 14 Propriétés supplémentaires  
"cachées"
- 16 Avantages économiques  
intrinsèques

# Attraction esthétique

LES PIÈCES COULÉES SOUS-PRESSION EN ZINC PEUVENT ÊTRE SIMPLES, ÉPURÉES ET ÉLÉGANTES, TOUT COMME ELLES PEUVENT ÊTRE D'UNE COMPLEXITÉ DÉCONCERTANTE DANS LEUR GÉOMÉTRIE ET LEUR FONCTIONNEMENT.



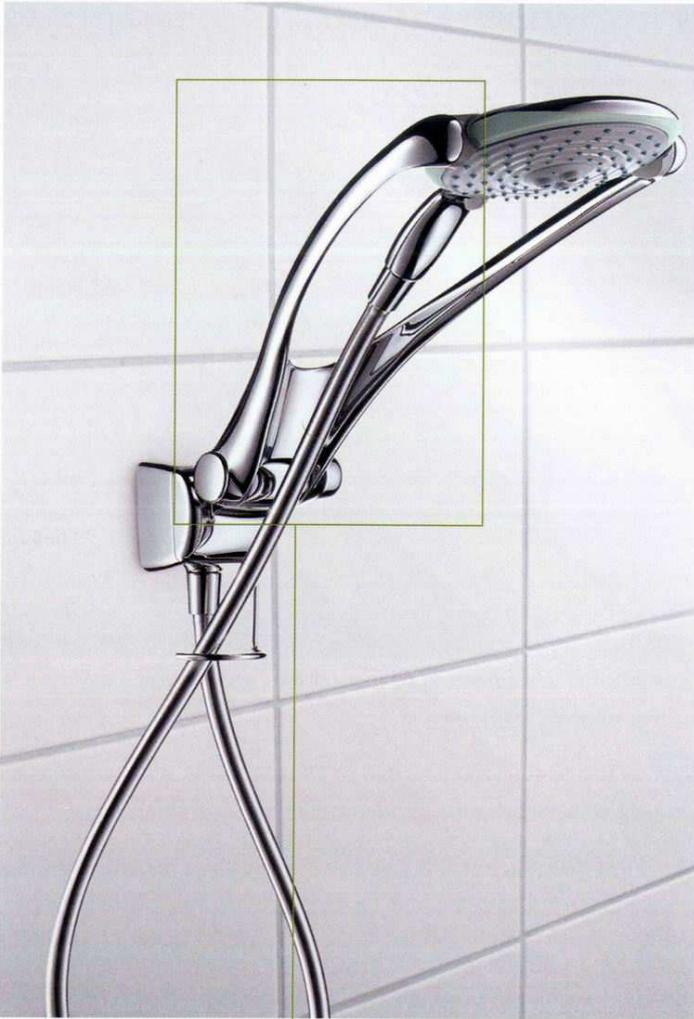
Lorsqu'une conception élaborée se combine à la souplesse du procédé de moulage sous-pression du zinc, elle renforce l'attrait esthétique des produits. Par exemple :

- Un traitement de surface économique par vibro-abrasion peut être utilisé pour retoucher la surface à l'état brut de moulage. Des surfaces lisses exceptionnelles peuvent être obtenues avant le traitement de finition par un léger avivage ou par un polissage chimique.
- Grâce à l'exceptionnelle fluidité des alliages de zinc, on peut ajouter une texture de surface définie avec précision sur toute ou partie du produit coulé.
- D'autres caractéristiques externes, comme des lettres et des logos, peuvent être intégrées dans le moule.
- **Une gamme inégalée de revêtements de qualité, de peintures organiques et une vaste palette de dépôts électrochimiques (par ex. nickel, chrome satin et brillant) peut facilement être appliquée en toute fiabilité sur toute surface déterminée de votre pièce.** D'excellents substrats permettent d'obtenir des finitions incomparables.
- La densité de l'alliage de zinc et sa capacité à être coulé en parois très minces permettent au concepteur d'influencer l'utilisateur quant à la perception du poids, de l'équilibre, de la solidité et de l'inertie. Par exemple, **une "sensation de froid" en main, une sensation métallique de haute qualité et d'autres sensations sont des facteurs dont tiennent compte beaucoup d'utilisateurs de pièces coulées en zinc.** En parallèle, une «sensation de chaleur» des revêtements et un sur-moulage en plastique sont également des options tactiles qu'un designer peut utiliser.

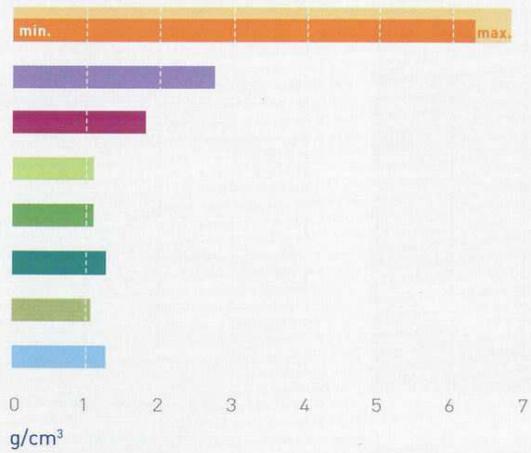
Pour un impact et un succès maximum, nous conseillons au responsable du projet de consulter le fondeur suffisamment tôt pour convenir, d'un point de vue économique, de la meilleure façon d'élaborer le projet en développement.

**pommeau de douche**

CRÉDIT PHOTO : HDO



**Densité**



- Alliages de zinc
- Aluminium 380 (équivalent à EN1706 AC46500)
- Magnesium AZ91D
- ABS
- Nylon PA66
- PA66 renforcé avec 30% de fibre de verre
- Polypropylene
- Polypropylene renforcé avec 30% de fibre de verre



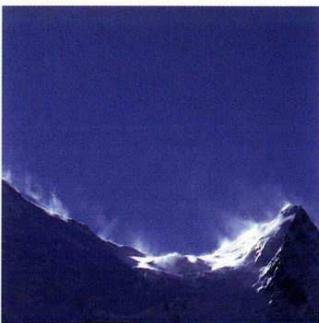
**robinet**

CRÉDIT PHOTO : INJEKTA



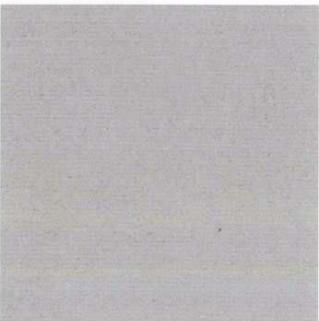
# Résistance

UTILISÉES POUR LES CEINTURES DE SÉCURITÉ, LES CARTERS DE MOTEURS, LES MÉCANISMES DE SERRURE ET BIEN D'AUTRES APPLICATIONS MODERNES, LES PIÈCES COULÉES SOUS-PRESSION EN ZINC SE SONT FORGÉ UNE EXCELLENTE RENOMMÉE DE FONCTIONNALITÉ ET DE FIABILITÉ BASÉE SUR LES DIFFÉRENTS TYPES DE RÉSISTANCE QU'ELLES PRÉSENTENT :



- Leurs **limites élastiques** à température ambiante sont bien supérieures à celles de l'aluminium 380 et du magnésium AZ91D.
- Leurs **charges de rupture en traction** peuvent dépasser l'aluminium 380 et le magnésium AZ91D. Les plastiques techniques peinent à atteindre une résistance à la rupture équivalente à celle des alliages de zinc. Même le nylon renforcé à la fibre de verre ne peut pas atteindre la résistance à la traction des alliages de zinc.

Les alliages de zinc affichent un degré élevé d'absorption d'énergie élastique lorsqu'ils sont soumis à des niveaux de charges violents ou destructeurs :



- A la rupture, les niveaux d'allongement des alliages de zinc se situent généralement entre 4 % et 6 %, mais peuvent atteindre 12 % dans des sections à parois plus épaisses. Cela signifie qu'il peut être possible d'éviter de soudaines ruptures catastrophiques imprévues en observant les signaux d'avertissement donnés lors de la déformation par une pièce en zinc coulé sous-pression lorsqu'elle est soumise à un effort excessif. Par comparaison, l'aluminium et le magnésium se cassent plus brutalement à environ 3 % d'allongement sans donner autant de signaux d'avertissement.

**La résistance au cisaillement, à la torsion, au pliage et en compression de pièces coulées sous-pression en zinc est de loin supérieure dans tous les cas à celle de l'aluminium, du magnésium et du plastique :**

- Avec un **module d'élasticité** d'environ 96.000 MPa., les pièces coulées sous-pression en zinc sont bien plus rigides que l'aluminium 380, à dimensions égales, et deux fois plus rigide que le magnésium AZ91D.
- La plupart des produits en plastique devraient avoir une section transversale excessivement épaisse pour concurrencer techniquement les alliages de zinc, ce qui en augmenterait considérablement le prix.

Lorsqu'ils sont coulés, les alliages de zinc sont exceptionnellement fluides, ce qui autorise la conception et la fabrication de pièces à paroi mince d'un poids moindre avec une résistance optimisée. Ainsi, des éléments à parois minces mais très résistants peuvent être placés exactement où ils sont requis (par ex. aux extrémités du produit) afin d'assurer une résistance et une performance maximales de la structure tout en réduisant les coûts.

Pour des applications impliquant une contrainte continue à des températures élevées, le zinc présente une résistance au fluage supérieure aux plastiques renforcés moulés par injection.

# Harmonie avec l'environnement

LE ZINC EST UN OLIGO-ÉLÉMENT. TOUS LES ORGANISMES VIVANTS ET LES PLANTES ONT BESOIN DE ZINC POUR FONCTIONNER

Les hommes en ont besoin pour une multitude de fonctions critiques. Le zinc affecte positivement le système nerveux, la croissance, la fertilité, la vision, l'apprentissage et la cicatrisation. Dans certaines parties du monde, la déficience en zinc constitue un problème de santé majeur.

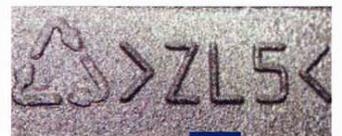
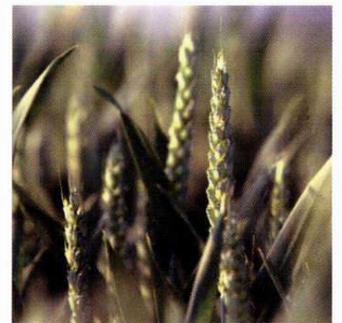
#### La pollution et les gaz à effet de serre sont minimisés avec la coulée sous-pression du zinc :

- Rejets négligeables dans l'air, le sol et l'eau.
- Consommation d'énergie beaucoup plus faible que d'autres procédés comparables de fabrication de masse.
- Aucune nécessité de gaz de protection préjudiciables à l'environnement dans le procédé.
- Recyclage de tous les "déchets" provenant du procédé.

Les alliages de zinc, tels qu'ils sont définis dans les normes internationales de composition chimique, sont largement conformes aux critères des réglementations européennes sur les engins en fin de vie (ELV), la réduction des substances nocives (RoHS) et les rejets de matériel électrique et électronique (WEEE).

Les pièces coulées sous-pression en zinc sont des produits peu onéreux et d'excellente qualité qui sont hautement résilients face à de nombreuses conditions hostiles. Elles présentent une résistance considérable à la corrosion et à l'usure ce qui permet à la fois **une utilisation fiable à long terme qui se mesure souvent en décennies, et des économies de matières puisqu'elles n'ont pas besoin d'être fréquemment remplacées.**

- Une infrastructure pour le recyclage traite activement les "déchets" d'aujourd'hui et les produits de fin de vie des alliages de zinc de demain. L'Industrie du Zinc recommande que les pièces coulées en zinc soient marquées du logo Zinc et de la marque de recyclage ISO qui figure dans la norme EN 12844 afin de faciliter la reconnaissance de ces alliages et le recyclage ultérieur.



marque de recyclage ISO  
CRÉDIT PHOTO : AMI FONDERIE

**agrafeuse**

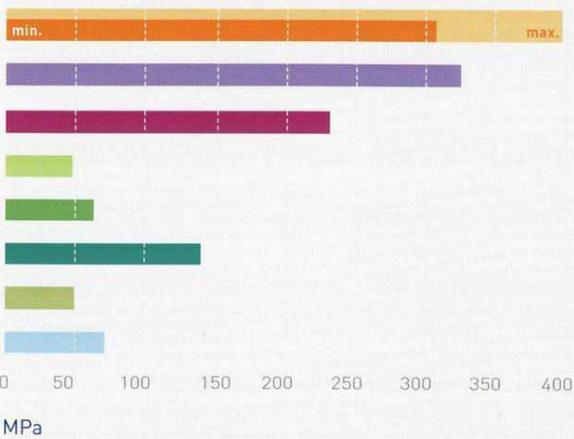
CRÉDIT PHOTO : CAST METALS FEDERATION



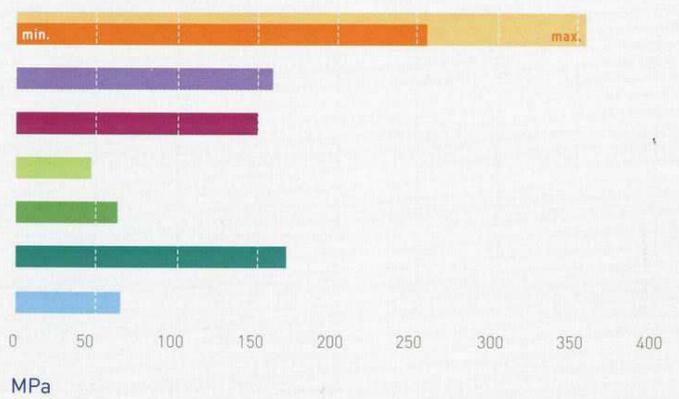
**verrou**

CRÉDIT PHOTO : CAST METALS FEDERATION

### Résistance à la traction



### Limite élastique



- Alliages de zinc
- Aluminium 380 (équivalent à EN1706 AC46500)
- Magnesium AZ91D
- ABS
- Nylon PA66
- PA66 renforcé avec 30% de fibre de verre
- Polypropylène
- Polypropylène renforcé avec 30% de fibre de verre

# Ténacité

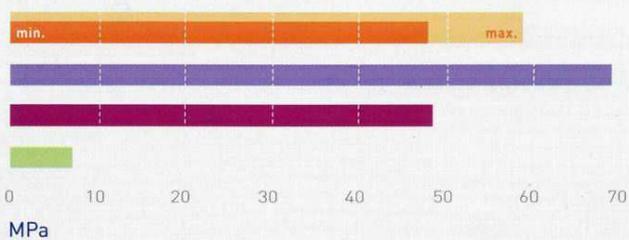
DES PERFORMANCES PROBANTES DE FIABILITÉ ET DE RÉSISTANCE À DES CONDITIONS DE CONTRAINTES HOSTILES SONT ESSENTIELLES POUR OBTENIR UNE RÉPUTATION DE DOMINATION SUR LE MARCHÉ :



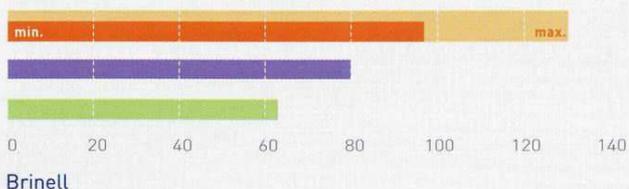
- Aux températures ambiantes normales, la **résistance aux chocs** des pièces coulées en zinc est supérieure à l'aluminium 380 et au magnésium AZ91D, ou 4 fois supérieure au plastique ABS. A moins 30° C, les alliages de zinc résistent encore bien mieux. Même à moins 40° C, le zinc possède au moins la même résistance aux chocs que l'aluminium coulé sous-pression.
- Les alliages de zinc sont **plus durs** que l'aluminium et le magnésium. L'addition d'éléments d'alliage comme le cuivre, contribue très largement à la bonne résistance à l'usure présentée par les alliages de zinc. En conséquence, ces alliages sont désormais utilisés dans des applications modérément exigeantes où leurs propriétés naturelles de résistance au frottement peuvent être exploitées.
- La **fatigue** est un des mécanismes de rupture des pièces le plus fréquent. Le zinc, comme d'autres métaux coulés sous-pression, est de 7 à 10 fois plus résistant à la fatigue que l'ABS.
- La **ténacité  $K_{Ic}$**  du zinc coulé sous-pression et des autres métaux est environ 10 à 30 fois supérieure à celle des plastiques industriels.

Les pièces coulées en zinc ont bien plus à offrir au designer lorsque la pérennité s'allie à la ténacité.

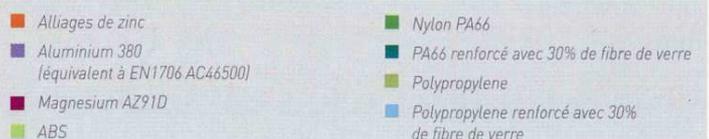
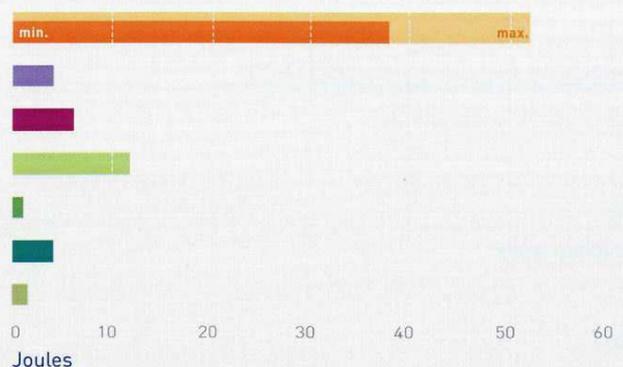
## Résistance à la fatigue ( $5 \cdot 10^8$ cycles)



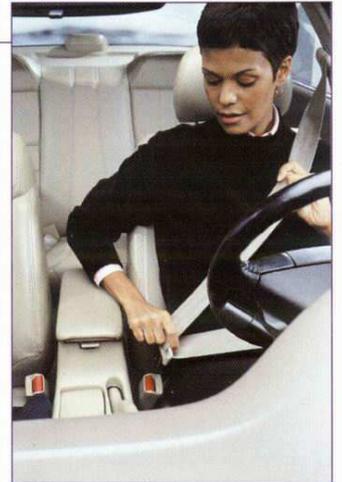
## Dureté



## Résilience



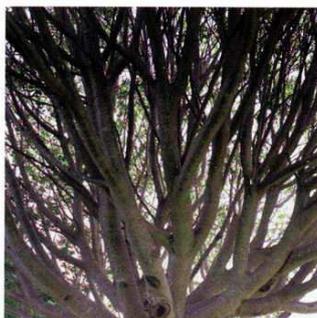
**pièces pour ceinture de sécurité**  
CRÉDIT PHOTO : CAST METALS FEDERATION



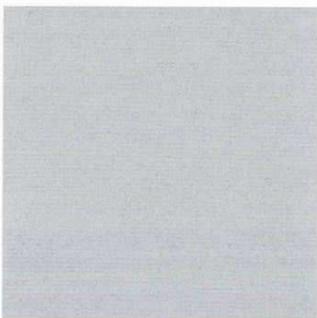
**éléments du système d'ouverture de porte**  
CRÉDIT PHOTO : FÖHL

# Uniformité

LA COULÉE SOUS-PRESSION D'ALLIAGES DE ZINC EN CHAMBRE CHAUDE EST LE SEUL PROCÉDÉ CAPABLE DE FABRIQUER DES PIÈCES EN TROIS DIMENSIONS EN GRANDE SÉRIE, À BAS PRIX, SELON DES TOLÉRANCES PLUS SERRÉES OU PLUS RÉGULIÈRES.



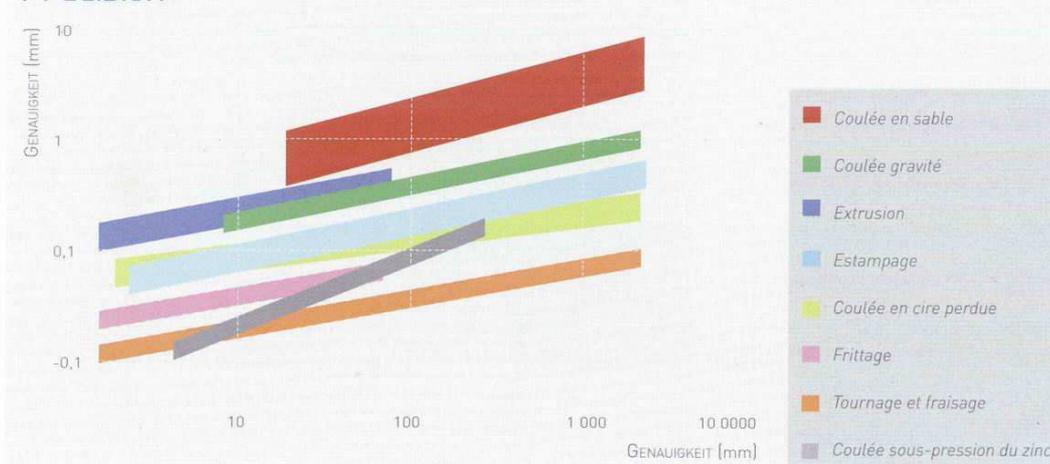
- **Les pièces coulées sous-pression sont de 5 à 10 fois plus précises que les produits élaborés par d'autres procédés**, tels que l'estampage, le moulage en coquille, par gravité ou par frittage. Elles peuvent rivaliser avec les pièces tournées ou fraisées. En coulée sous-pression, **les pièces en alliage de zinc sont 2 à 4 fois plus précises que celles fabriquées en alliages de magnésium ou d'aluminium**. Un important retrait à la solidification et une forte absorption d'eau empêchent les plastiques d'atteindre des tolérances serrées.
- La précision exceptionnelle, l'aptitude à la constance et à la répétabilité obtenues par le procédé de coulée sous-pression du zinc sont évidentes non seulement à l'intérieur d'une même campagne de fabrication, mais également dans des fabrications différentes. La précision de la qualité de surface reste sans égale grâce à la vitesse extrêmement faible de dégradation de la surface des moules, ce qui assure la **renommée de votre qualité**.



*Par exemple, une enquête industrielle a établi que, comme meilleure précision dimensionnelle pour toutes les caractéristiques 'à l'intérieur du moule' (pour une diagonale supérieure à 25 mm), on peut couler jusqu'à une précision Sigma 8 de 0,1 %, ou moins, de la dimension mesurée.*

*Soixante quinze pour cent des caractéristiques mesurées se sont révélées être coulées à une précision Sigma 8 inférieure à 0,5 % de la dimension mesurée. Si vous en discutez suffisamment tôt avec votre fondeur de zinc, une précision Sigma 8 de 0,2 % peut être maintenue sans réglage particulier du moule ou contrôle de procédé important.*

## Précision



**connecteurs électriques**  
CRÉDIT PHOTO : CAST METALS FEDERATION



**carter pour engrenage**  
CRÉDIT PHOTO : DRUMETA

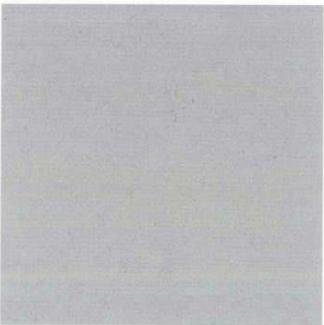


**carter de turbine**  
CRÉDIT PHOTO : SIOBRA



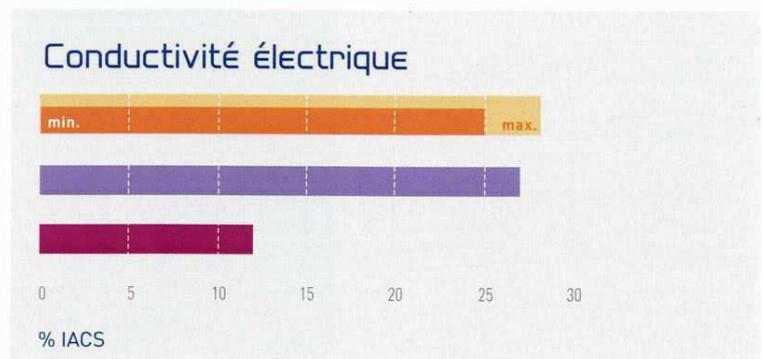
# Propriétés supplémentaires “cachées”

LES PIÈCES COULÉES EN ALLIAGE DE ZINC VONT METTRE EN VALEUR VOS PRODUITS ET VOTRE MARQUE BIEN PLUS QUE VOUS NE POURRIEZ L'IMAGINER :



- La **capacité d'amortissement des alliages de zinc** - leur capacité à absorber l'énergie et le son provoqués par une vibration mécanique externe - est comparable au magnésium, et elle est cinq à dix fois supérieure à l'aluminium.
- La **conductivité thermique** des alliages de zinc est bien meilleure que celle de l'aluminium coulé LM24 ou 380 et dépasse de très loin celle du magnésium AZ91D. De tels avantages, alliés à la coulée d'ailettes de refroidissement à parois minces intégralement en zinc, peuvent constituer une différence notable si la **dissipation de la chaleur** est importante en espaces confinés.
- La **protection du matériel électronique sensible contre les interférences électromagnétiques** (des enceintes en métal coulées sous-pression constituent des blindages intrinsèques). Toutefois, à la différence des plastiques, la prévention des fuites aux raccords est plus fiable et s'obtient de façon uniforme avec le zinc puisqu'il accepte des tolérances serrées.
- A la différence des plastiques et autres matériaux, le zinc ne permet normalement pas la propagation du feu lors de son traitement ou de son utilisation. C'est un matériau **relativement ininflammable**.
- En tant qu'"**alliages anti-étincelles**", parce que tous les alliages de zinc coulés en chambre chaude contiennent moins de 15 % en poids total d'aluminium, de magnésium et de titane; les alliages de zinc sont sans danger lorsqu'ils sont accidentellement heurtés en milieux dangereux ou gazeux, y compris sous terre.

Les pièces coulées en zinc offrent une protection optimale **contre le bruit, les vibrations, la chaleur, les radiations, les explosions et les incendies.**



**haut parleur**

CRÉDIT PHOTO : CAST METALS FEDERATION



**système d'éclairage**

CRÉDIT PHOTO : MATTHIES

**Conductivité thermique**



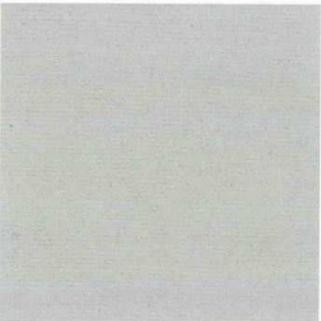
0 20 40 60 80 100 120

Wm<sup>-1</sup> °K<sup>-1</sup>

- Alliages de zinc
- Aluminium 380 (équivalent à EN1706 AC46500)
- Magnesium AZ91D

# Avantages économiques intrinsèques

LE PROCÉDÉ DE COULÉE SOUS-PRESSION EN CHAMBRE CHAUDE DU ZINC OFFRE UN COÛT MINIMUM DE PRODUCTION :

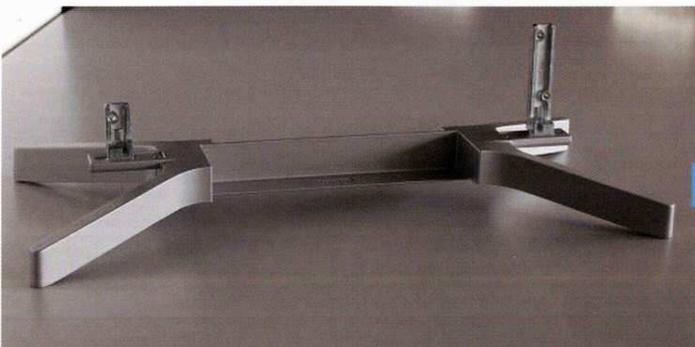
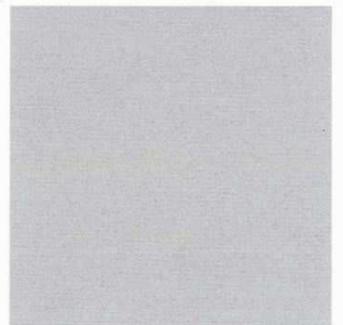
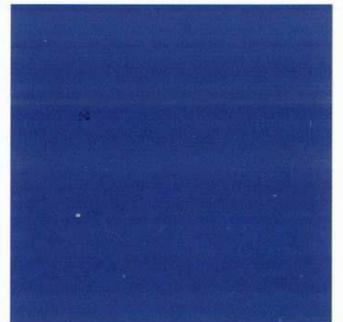


- **Gains de temps de production** : Ce procédé, allié à la température de coulée relativement basse nécessaire aux alliages de zinc, permet des cadences de fabrication exceptionnellement élevées. Pour des pièces en zinc de dimension moyenne, des cadences de 400 à 1.000 injections à l'heure sont courantes. Des pièces de dimension très petites peuvent être produites jusqu'à 3.500 injections à l'heure sur des machines spécialisées. Par comparaison, le nombre moyen d'injections à l'heure pour des pièces de taille moyenne en aluminium, magnésium et plastique sont respectivement de 100 à 250, 200 à 300 et 100 à 300.
- **Economies d'énergie** : Pour le même nombre de pièces de même dimension coulées sous-pression, l'aluminium va utiliser au moins 50% d'énergie en plus que le zinc; quant au magnésium, il va nécessiter par pièce coulée au moins 15% d'énergie en plus que le zinc. Sans parler des besoins très élevés en énergie nécessaires pour produire l'aluminium et le magnésium de base.
- **Pièces coulées aux dimensions presque finales** : une conception judicieuse du produit et du moule, allié à la précision et à l'excellent état de surface d'un alliage de zinc, peut aboutir à des pièces coulées aux dimensions presque finales qui ne nécessitent, si besoin est, qu'un minimum de traitement ultérieur.
- **Facilité d'assemblage** : Si nécessaire, la ductilité élevée du zinc va permettre aux pièces d'être déformées de façon contrôlée pour obtenir la forme finale souhaitée, ou d'être assemblées à moindre coût à une autre pièce par cintrage, formage, repoussage, rivetage, etc.
- **Faible usure des moules** : Pour des volumes importants, le zinc permet également des économies considérables car son outillage peut généralement supporter entre 750.000 à 2 millions d'injections. L'aluminium et le magnésium atteignent en moyenne respectivement 250.000 et 500.000 injections.
- **Sécurité** : Les utilisateurs de pièces coulées en zinc n'auront pas à supporter les coûts relatifs aux problèmes spécifiques liés aux risques d'incendie du magnésium, aux contrôles de fuites post-coulée de l'aluminium ou à l'absorption de l'eau par le plastique.

**La coulée du zinc sous-pression en chambre chaude est la technique de fabrication en série la plus rapide, la plus efficace, avec les rebuts les plus faibles, et la plus économique possible pour la production de masse de composants en 3D.**

**pistolet pour silicone**

CRÉDIT PHOTO : CAST METALS FEDERATION



**pied de support TV**  
CRÉDIT PHOTO : BRUSCHI



**ensemble TV et pied de support TV**  
CRÉDIT PHOTO : BRUSCHI

## Tableau des propriétés des alliages modernes de zinc

PROPRIÉTÉS	UNITÉS	ZP3	ZP5	ZP2
Limite élastique	MPa	268	295	361
Résistance à la traction	MPa	308	331	397
Module d'élasticité	GPa	96	96	96
Module d'élasticité en torsion	MPa x 10 <sup>3</sup>	33+	33+	33+
Allongement à la rupture	%	5,8	3,4	6
Résistance au cisaillement	MPa	214	262	317
Limite élastique en compression	MPa	414	600	641
Résilience	Joules	46	52	38
Résistance à la fatigue (5x10 <sup>8</sup> cycles)	MPa	48	57	59
Dureté	Brinell	97	114	130
Ténacité K <sub>IC</sub>	x 10 <sup>7</sup> N.m <sup>-3/2</sup>	2,25	2,1	-
Densité	g/cm <sup>3</sup>	6,6	6,7	6,8
Capacité amortissem. spéc. @35 MPa	%	18	-	-
Capacité amortissem. spéc. @100 MPa	%	40	-	-
Coefficient de dilatation thermique	µm/m/°C	27,4	27,4	27,8
Conductivité thermique	Wm <sup>-1</sup> °K <sup>-1</sup>	113	109	105
Conductivité électrique	% IACS	27	26	25
Résistivité électrique	µ ohm - cm	6,37	6,54	6,85
Intervalle de solidification	°C	381-387	380-386	379-390
Capacité thermique massique	J/kg/°C	419	419	419
Coefficient de frottement	-	0,07	0,08	0,08
Précision courante sur 100 mm	plus/moins µ	100	100	100
Epaisseur paroi minimale	mm	0,4	0,4	0,4
Vitesses habituelles de production	injections/heure	Pièces de : grandes dimensions 200-500, petites dimensions 400-1.000, très petites dimensions 2.000-3.000		
Plage des vitesses de production	injections/heure	200-3.600		
Durée de vie moyenne du moule	injections	750.000-2.000.000		

N.B. Les données de ce tableau ont été compilées d'après plusieurs sources différentes et n'ont qu'une valeur

## et d'une sélection d'autres matériaux

ZPB	LM24	A380	AZ91D	ABS	NYLON PA66	NYLON PA66 30% GR	POLY-CARBO-NATE	ACETAL
319	150	159	111-170	n/a	n/a	n/a	n/a	-
387	320	317-324	200-260	25-65	71-85	155-210	54-72	37-70
96	71	71	44	1,4-5,1	0,7-4,1	3,2-12,7	1,6-5.5	1,4-3,6
33+	26,9	26,9	16,5	n/a	n/a	n/a	n/a	-
3,4	2	3,5	3	2-110	15-300	2,0-150	8-135	3-250
275	-	186	138	-	-	-	-	-
600 appr.	-	-	108-159	-	-	-	-	-
42	3.4	4	3,7 - 6	1 - 2	0,6 -1,4	5	20-30	8
51,5	-	70-138	97	7	-	15	7	-
110	85	80	63-85	trop mou	trop mou	trop mou	trop mou	-
1,95	3,6?	3,6?	-	-	0,07	-	0,22	0,09
6,3	2,79	2,76	1,82	1,02-1,21	1,03-1,16	1,11-1,68	1,17-1,45	1,29-1,43
20	-	1	25	-	-	-	-	-
44	-	4	53	-	-	-	-	-
23,3	21	21,1	25,2-26,0	50-150	65-150	17-104	32-120	12-162
115	96	109	51-72,7	0,2	0,24	<1?	<1?	0,13-0,3
27,7	24	27	11,5-12,1	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
6,2	-	-	-	-	-	-	-	-
375-404	520-580	538-593	468-598	-	-	-	-	-
435	960	960	1.020	1.960-2.130	1.600-2.750	1.200-2.350	1.000-1.200	-
0,11	-	-	-	0,45	0,28 - 0,46	0,28	0,38	0,21
100	250-350	250-350	175	Un retrait important et l'humidité empêchent les plastiques d'obtenir des tolérances serrées				
0,4	1,3	1,3	1,2	-				
	50-250		En général 200-275. Environ deux tiers Zn, à dimension égale.	Vitesses de fabrication fortement influencées par la taille du produit, du matériau utilisé et de la vitesse de refroidissement qui, à dimension égale, tend à être beaucoup plus lente que pour les métaux				
	30-350		40-2.400	Moulage par injection : de 100 à 400 injections par heure				
	100.000-225.000		300.000-500.000	Dépend fortement de la composition et du type de renforcement				

d'information