

NOTRE ALUMINIUM ANODISÉ

Architecte: Ateliers Jean Nouvel, François Fontès Architecture
Photographe: Luc Boegly



By  Hydro

 Windows  Doors  Sliders

TABLE DES MATIÈRES





INTRODUCTION

➤ **05**

QU'EST-CE QUE L'ANODISATION ?

➤ **06**

COLMATAGE

➤ **07**

EXTRUSION

➤ **08**

PARTICULARITÉS DES ALLIAGES

➤ **10**

CONCEPTION DES PROFILÉS

➤ **11**

PRÉTRAITEMENT DES SURFACES

➤ **12**

QUALITÉ DE SURFACE

➤ **13**

**CARACTÉRISTIQUES, LIMITES ET
TOLÉRANCES**

➤ **14**

FICHE D'INFORMATION

➤ **15**



Architecte : OECO Architects
Photographe : Kevin Dolmaire

INTRODUCTION

➤ ALUMINIUM ANODISÉ



La longévité et l'esthétique de l'aluminium anodisé en font souvent le premier choix des concepteurs et des architectes. Panneaux, moulures et extrusions anodisés se déclinent dans une variété de couleurs ou dans des finitions naturelles permettant de créer des bâtiments visuellement spectaculaires.

À la différence des revêtements par poudre ou de la métallisation – des processus de dépôt d'une couche de matériau supplémentaire –, l'anodisation transforme une fine couche de l'aluminium existant en un film protecteur résistant.

La finition et la couleur finales du produit sont donc influencées par le matériau brut : composition chimique, processus de production, microstructure du matériau, qualité de surface, etc. Les processus de fabrication n'étant jamais exactement les mêmes, des variations dans l'aspect visuel du matériau fini sont inévitables.

Ce document a pour but d'expliquer les processus de production des profilés architecturaux en aluminium anodisé et les variations d'aspect de surface légitimes qui doivent être acceptées.

QU'EST CE QUE L'ANODISATION ?

L'anodisation est un procédé par électrolyse qui crée une couche protectrice d'oxyde, anticorrosion et résistante en surface.

Cet oxyde (ou alumine) est obtenu par détérioration chimique du substrat d'aluminium. Il ne s'agit pas d'un « produit rapporté », appliqué en surface, comme une peinture ou un revêtement. Il ne peut donc ni s'écailler ni se décoller.

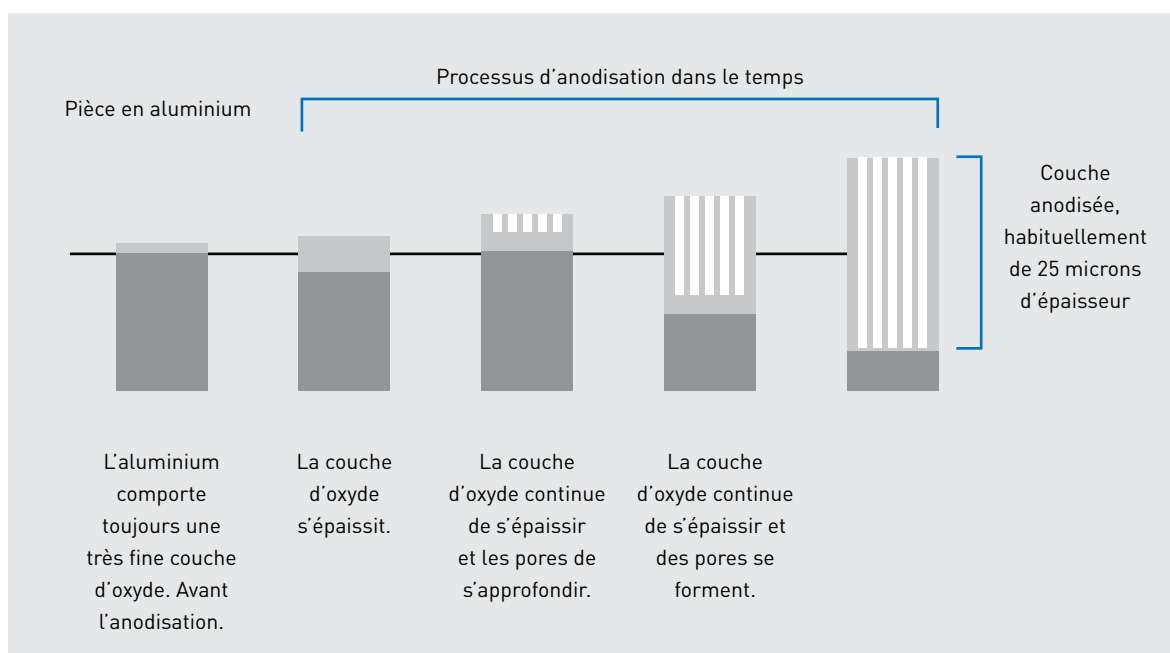
L'anodisation est obtenue en plongeant la pièce d'aluminium dans un bain d'électrolyte acide et en faisant circuler un courant électrique à travers le métal. Une cathode est placée à l'intérieur de la cuve et l'aluminium sert d'anode (d'où le terme « anodisation ») : les ions d'oxygène de l'électrolyte sont libérés et se combinent aux atomes d'aluminium à la surface de la pièce à anodiser. L'anodisation est donc un procédé d'oxydation très contrôlé, qui accélère le phénomène naturel.

Le graphique montre visuellement comment se forme la couche anodisée poreuse. La couche anodisée se forme à la surface de la pièce d'aluminium et vient épaissir la surface d'origine.

Dans le domaine architectural, l'épaisseur totale de la couche finie est généralement de 25 microns (μm), mais des couches plus épaisses ou plus fines peuvent être obtenues en fonction des besoins.

La nouvelle surface est poreuse et ces pores doivent être ensuite colmatés. Le colmatage est la dernière étape du processus d'anodisation. Si le colmatage n'est pas de qualité, la finition anodisée reste collante et absorbe facilement graisses, huiles et autres poussières. L'étape finale de colmatage confère à la finition anodisée (et donc à la pièce complète) toute sa résistance à la corrosion.

FORMATION DE LA COUCHE D'ALUMINE PAR ANODISATION

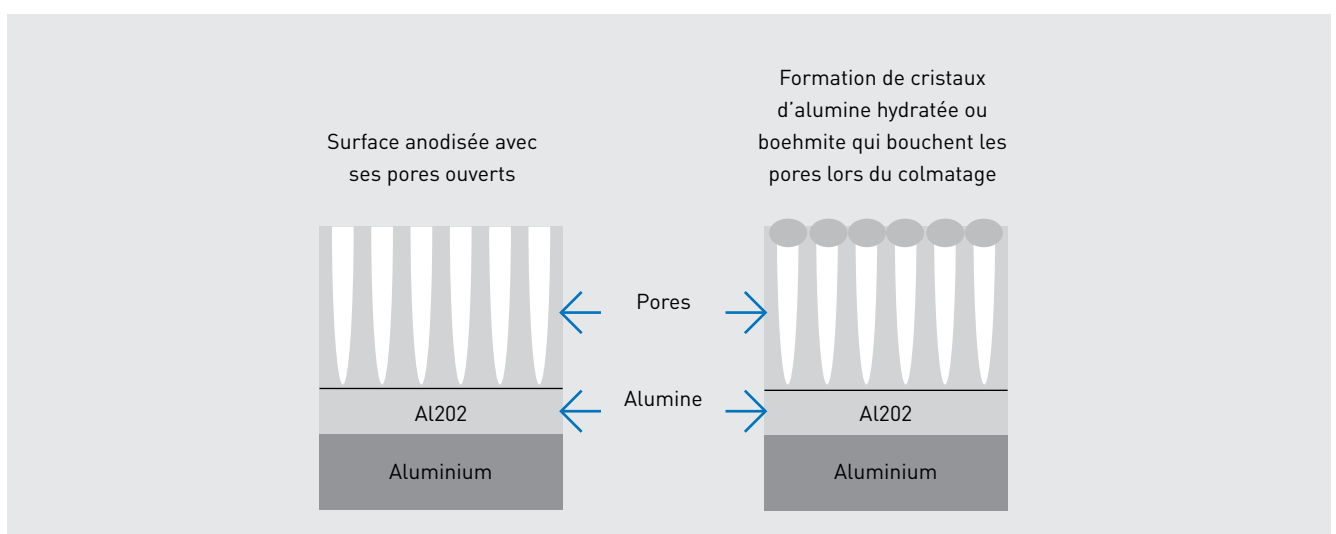




Architecte : Atelier d'Architecture King Kong. **Photographe :** Arthur Pequin.

➤ COLMATAGE

Le procédé le plus simple est le colmatage à chaud. La pièce anodisée est immergée dans de l'eau bouillante déminéralisée. L'alumine se cristallise alors en boehmite qui vient boucher les pores (voir l'illustration ci-dessous).



Différentes durées de colmatage sont possibles, mais la plus courante en Europe est de 2 à 3 minutes par μm de couche d'oxyde. Ce processus, ici accéléré, se produit naturellement au fil du temps avec l'humidité de l'air.



EXTRUSION

Le processus d'anodisation ne déposant pas de matériau supplémentaire à la surface de la pièce, la finition finale est influencée par la composition initiale de l'alliage, sa microstructure et sa qualité de surface.

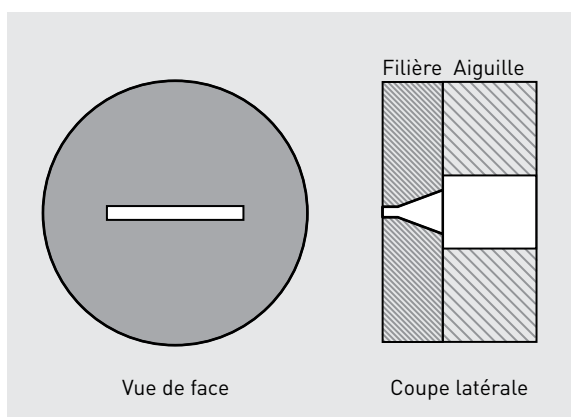
7 LE PROCÉDÉ D'EXTRUSION DE L'ALUMINIUM

L'extrusion est un processus à chaud au cours duquel une billette d'aluminium est chauffée à environ 460 °C, puis insérée dans une presse. La presse comprime ensuite l'aluminium chaud à travers une filière en acier pour produire la forme finale. Une presse classique utilise environ trois mille tonnes de force pour déformer la billette d'aluminium à travers la filière. Le matériau extrudé sort de la presse à une température d'environ 560 °C.

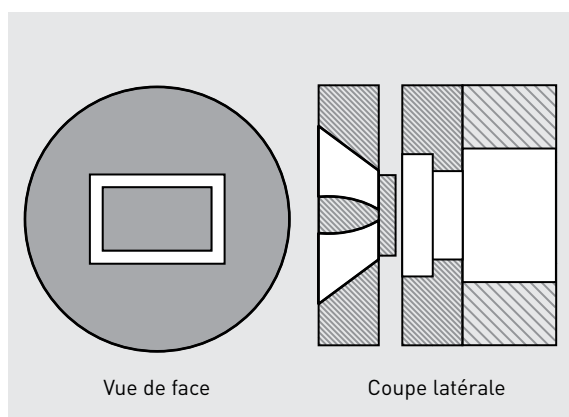
➤ FILIÈRES

Il existe deux types de filières : les filières pleines et les filières creuses. Comme leur nom l'indique, les filières pleines produisent des formes sans trous ni chambres, tandis que les filières creuses peuvent produire des extrusions comportant une ou plusieurs parties creuses.

FILIÈRE PLEINE



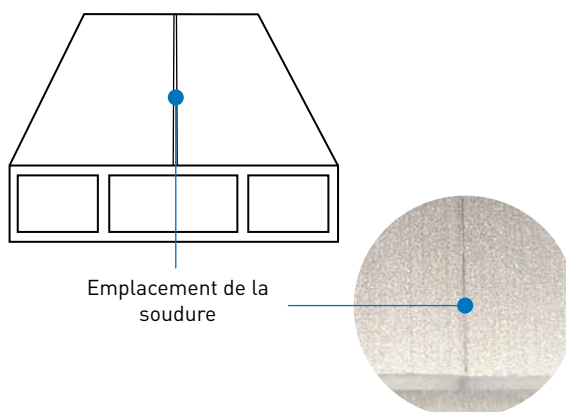
FILIÈRE CREUSE



Pour la production de formes creuses, l'aluminium entrant dans la filière est acheminé par différents orifices avant de se ressouder à l'intérieur du moule lorsqu'il traverse la matrice. L'image ci-dessous montre différentes matrices creuses.



Bien que ces soudures soient généralement invisibles sur l'aluminium fini, elles peuvent réapparaître après le procédé d'anodisation sous la forme d'une ligne courant le long du profilé. Ces lignes sont techniquement inévitables, bien que souvent peu visibles car placées dans les angles... mais ce n'est pas toujours le cas. L'intensité de ces lignes peut fluctuer d'un lot à l'autre en raison des variations infimes (mais là encore inévitables) des paramètres de chaleur et de pression lors du processus d'extrusion.



PARTICULARITÉS DES ALLIAGES

De longues tiges d'aluminium (la matière première) sont découpées en billettes de 6 mètres de long généralement. Ces billettes sont ensuite coulées par lots. La composition chimique de chaque coulée est ajustée pour répondre à une spécification donnée, comme le montre le tableau ci-dessous.

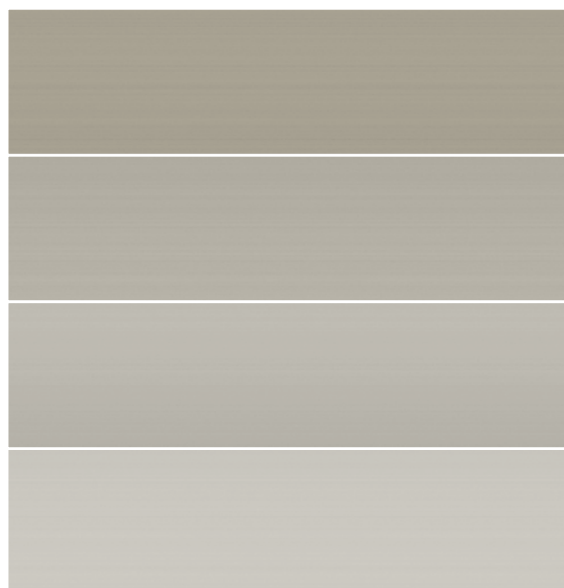
Composants (%)	Alliage 6060
Mg	0,35 - 0,60
Si	0,30 - 0,60
Fe	0,10 - 0,30
Cr	0,50 (max.)
Zn	0,15 (max.)
Mn	0,10 (max.)
Cu	0,10 (max.)
Ti	0,10 (max.)
Autres	0,05 (max.) chaque 0,15 (max.) au total
Reste	Aluminium

La composition de chaque coulée peut présenter d'infimes écarts qui auront un impact sur la teinte des profilés finis – même lorsqu'ils sont anodisés en même temps et dans la même usine. C'est la raison pour laquelle nous avons établi des limites haute et basse pour chaque couleur.

↗ LIMITE CLAIRE

↗ LIMITE SOMBRE

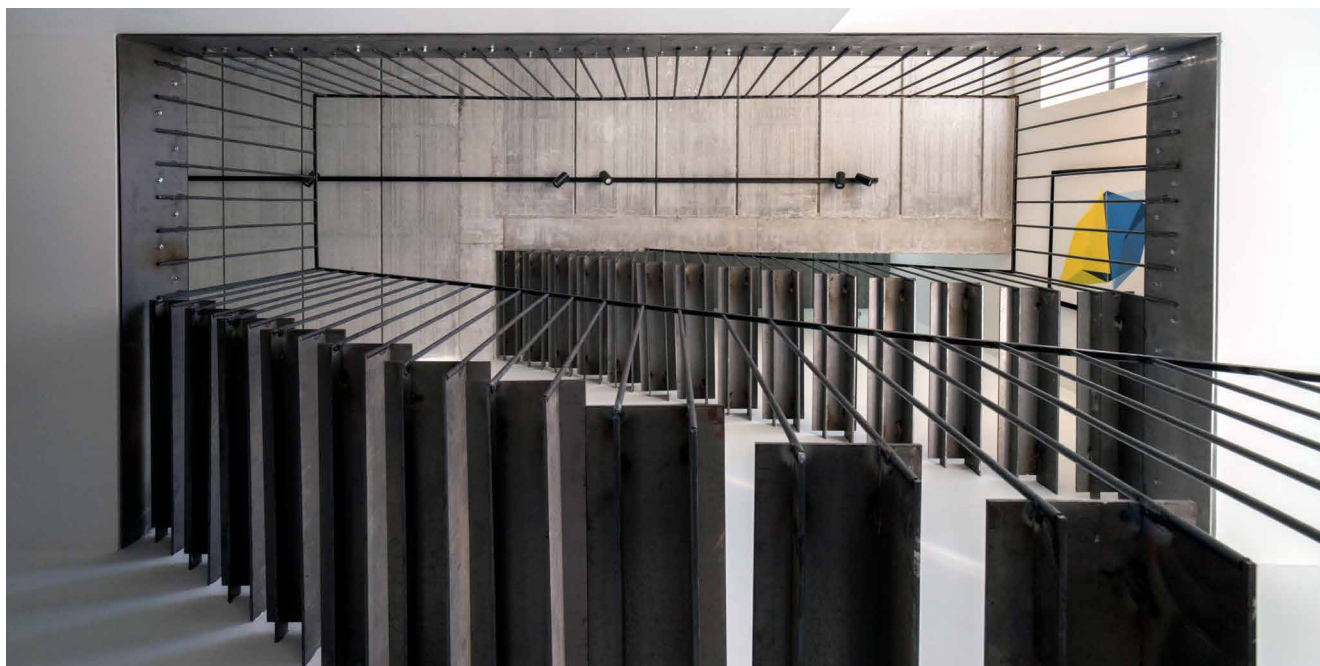
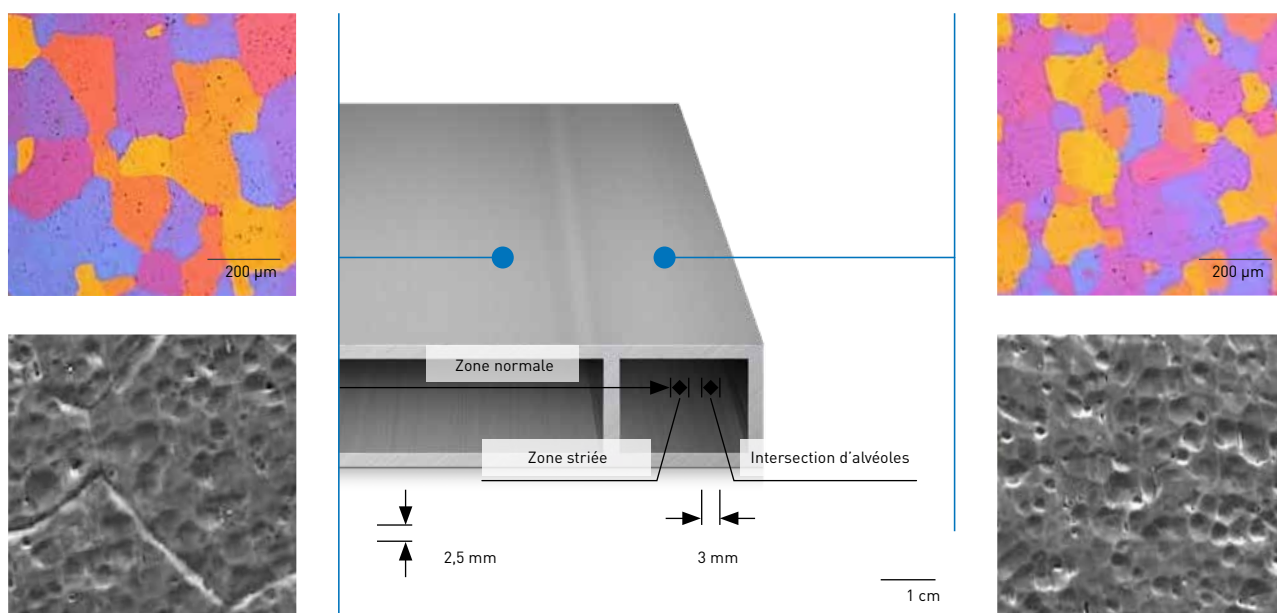
Si ces limites haute et basse ne sont pas fixées, les variations d'un profil à l'autre peuvent conduire à des exemples tels que celui-ci :



CONCEPTION DES PROFILÉS

En présence d'alvéoles ou en cas de variations de l'épaisseur de la section transversale, la microstructure de l'aluminium peut changer, ce qui peut entraîner la formation de bandes plus claires. La conception de la filière et le contrôle du processus d'extrusion peuvent minimiser cet effet, sans toutefois le supprimer totalement.

Lorsque les profilés comportent des parties creuses et de grandes zones plates, ces dernières refroidissent plus rapidement que les parties creuses, ce qui entraîne à nouveau des variations au niveau de la microstructure de l'aluminium, provoquant également des variations de teinte sur la face du profilé.



Architecte : Clément Berton. **Photographe :** Thomas Duhamel.

PRÉTRAITEMENT DES SURFACES

La finition anodisée des profilés d'aluminium extrudé confère à chaque façade un rendu unique, selon le prétraitement et la teinte choisis, à l'image des planchers ou meubles en bois massif.

Une homogénéité totale n'est envisageable qu'en ajoutant un prétraitement spécifique tel que le ponçage, le polissage ou le brossage.

LE TABLEAU SUIVANT RÉSUME LES DIFFÉRENTES VARIANTES DE PRÉTRAITEMENT ET LEUR MÉTHODOLOGIE.

Classement	Type de prétraitement	Descriptif
E0	Dégraissage et désoxydation	Les surfaces sont dégraissées et désoxydées avant anodisation, laissant apparaître les défauts tels que les creux et les rayures. Les taches de corrosion presque invisibles avant le traitement peuvent devenir plus apparentes.
E1	Grenaillage	Le grenaillage ou sablage permet d'obtenir une surface relativement uniforme, mais terne. Ce procédé élimine la plupart des défauts de surface, mais peut laisser des traces (à l'image du ponçage sur le bois).
E2	Brossage	Le brossage mécanique produit une surface brillante avec des marques apparentes, mais n'élimine que partiellement les défauts de surface.
E3	Polissage	Le polissage mécanique produit une surface lisse et brillante, mais n'élimine que partiellement les défauts de surface.
E4	Grenaillage et brossage	Cette technique permet d'obtenir une surface brillante, homogène, et d'éliminer les défauts de surface et les taches de corrosion (contrairement aux traitements E0 et E6).
E5	Grenaillage et polissage	Cette technique produit une surface lisse et brillante ; les défauts de surface sont éliminés, de même que les taches de corrosion encore visibles après les traitements E0 et E6.
E6	Décapage	Le décapage chimique après dégraissage permet d'obtenir une surface satinée ou mate. Les défauts de surface sont lissés, mais pas éliminés, et des taches de corrosion peuvent devenir visibles. Ce phénomène peut être évité par un traitement supplémentaire avant le décapage. Il est toutefois conseillé de traiter et de stocker le matériau de manière à éviter toute corrosion.



REMARQUE

le traitement E0 élimine la couche naturelle d'oxyde, laissant le métal en grande partie intact.

Toutes les autres méthodes impliquent d'enlever une quantité considérable de métal.

Source : extrait de la norme DIN 17611.

QUALITÉ DE SURFACE

Lorsque le matériau traverse la filière en phase d'extrusion, il est en contact avec des roulements qui contrôlent la forme et le flux de matériau. Pour que ces roulements restent lisses, ils doivent être entretenus en même temps que la filière.

Deux types de lignes peuvent apparaître à la surface du profilé : des lignes de découpe marquées, individuelles, détectables du bout de l'ongle, ou des microlignes difficiles à détecter avec l'ongle, qui couvrent soit toute la surface, soit une partie de la surface (formant alors des « bandes »).

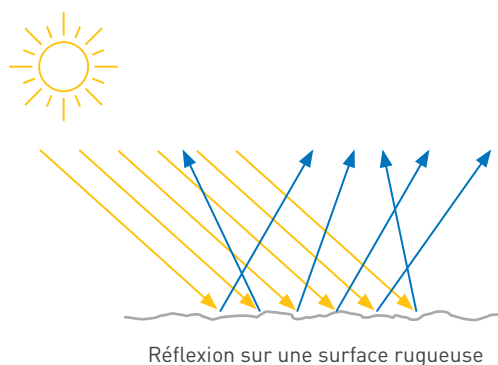
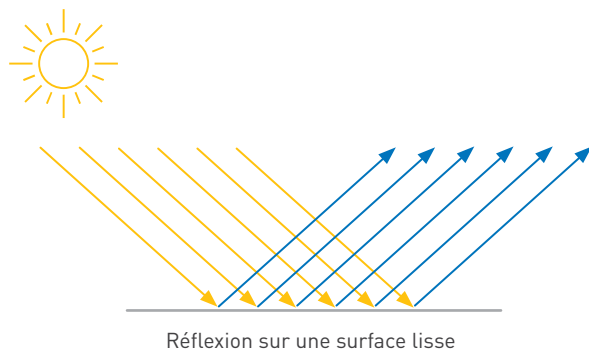
La découverte de lignes de découpe importantes au cours du processus d'extrusion entraîne normalement l'arrêt de la production du lot et la mise au rebut de toutes les sections concernées.

Lors de la production d'un lot avec une filière propre et polie, les premiers profilés seront les plus lisses. Au fil de la production, des microlignes de découpe vont inévitablement se former et les derniers profilés seront plus marqués que les premiers.

Lors du revêtement par poudrage, ces lignes sont remplies et la surface du produit fini est alors parfaitement lisse. En cas d'anodisation, la texture de la surface n'est généralement pas modifiée. Il peut en résulter une variation de couleur « perçue » par réflexion de la lumière.

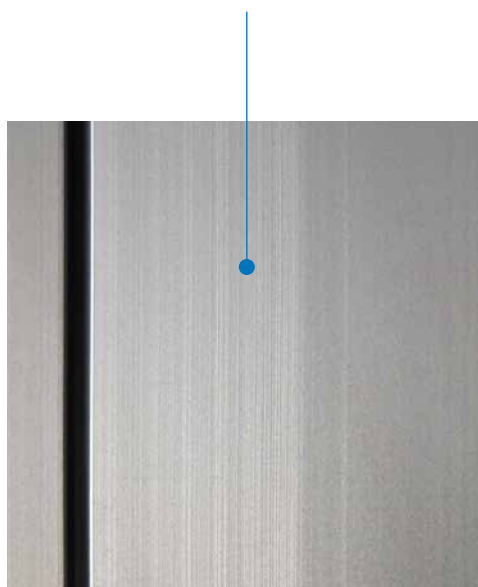
Pour évaluer la couleur d'un profilé, il est donc important de l'observer depuis une extrémité

RÉFLEXION DE LA LUMIÈRE



➤ Exemple de microlignes de découpe et effet sur la couleur.

➤ Cette zone présente une bande de microlignes et c'est également là que le profilé change de forme (boîte > montant).



CARACTÉRISTIQUE, LIMITES ET TOLÉRANCES

La composition chimique des profilés d'aluminium extrudé destinés à des applications architecturales est réglementée par un label et une norme :

le label de qualité Qualanod (Association pour le contrôle de la qualité dans l'industrie de l'anodisation) pour l'anodisation sulfurique de l'aluminium.

La norme EN 573-3:2019 – Aluminium et alliages d'aluminium – Composition chimique et forme des produits corroyés – Composition chimique et forme des produits.

La norme la plus couramment suivie pour évaluer l'aspect des profilés architecturaux en aluminium anodisé est la norme suivante du British Standards Institute :

NF EN 12373-1 - Méthode de spécification des caractéristiques des revêtements décoratifs et protecteurs obtenus par oxydation anodique sur aluminium

Ces deux normes déterminent si un défaut de surface est acceptable ou non par une évaluation visuelle à des distances et des angles de vue spécifiques : trois mètres pour les applications internes et cinq mètres pour les applications externes (sauf spécification particulière).

Si la distance d'observation d'un projet spécifique devait être réduite, elle devra être convenue au stade d'examen du contrat. Il est important d'inclure à ce stade le fournisseur du métal et l'entreprise chargée de l'anodisation.

En matière de couleurs et de textures, il est préférable de décider sur échantillons et en spécifiant des limites haute et basse (clair/sombre pour la couleur et rugosité pour la texture).

Il convient de rappeler qu'il n'existe évidemment aucun système de mesure universel, capable de prendre en compte tous les éléments évoqués dans le présent document, pour déterminer si un produit est conforme ou non.

L'épaisseur moyenne de la couche anodisée des profilés ne doit pas être inférieure à 20 microns.

Quelques exemples (mesures en microns) :

Échantillon 1	Valeurs mesurées = 25, 27, 28, 26, 25 ■ OK. Conforme en tout point.
Échantillon 2	Valeurs mesurées = 25, 28, 27, 27, 23 ■ OK. Moyenne supérieure à 25 et minimum 20 ponctuellement.
Échantillon 3	Valeurs mesurées = 23, 24, 25, 23, 25 ■ NON. Moyenne inférieure à 25.
Échantillon 4	Valeurs mesurées = 25, 29, 27, 27, 19 ■ NON. Épaisseur ponctuelle inférieure à 20.

FICHE D'INFORMATION

Je confirme avoir suivi une formation et avoir reçu des explications concernant la variabilité de l'aspect des profilés en aluminium anodisé, telles que présentées dans le présent document « Aluminium anodisé – Dossier technique ».

M'ont été présentés des exemples de variations de couleur et des profilés standards avec des lignes de découpe, des microlignes de découpe, des bandes et des lignes de jonction.

Je comprends et j'accepte la spécification relative à l'aspect esthétique telle que définie par le label Qualanod (Association pour le contrôle de la qualité dans l'industrie de l'anodisation) et la norme BS3987:1991.

Si des projets spécifiques exigent des limites plus strictes que celles définies par les normes susmentionnées, je comprends que des échantillons de limites haute et basse de couleur seront produits, ainsi que des échantillons de limites haute et basse d'aspect général. Ces échantillons devront être approuvés par les fabricants. Les échantillons fournis seront conservés par toutes les parties.

ENTREPRISE _____

SIGNATURE _____

NOM _____

QUALITÉ _____

DATE _____



IMAGINE WHAT'S NEXT

270, rue Léon-Joulin
BP 63709 - 31037 Toulouse cedex 1
Tél. 05 61 31 28 28 - www.technal.com

