

## Propreté particulière des pièces

Dans le secteur de la mécanique, et pour ce qui nous concerne ici dans cette étude les différentes familles de pièces de fixation, les exigences en termes de propreté particulière des pièces conduisent habituellement à une augmentation des coûts dans des proportions démesurées, tant les paramètres à prendre en compte sont nombreux : traitement appliqué au matériau, procédé utilisé, milieu ambiant... Raison pour laquelle la réalisation d'un état de l'art des niveaux de propreté existants s'est avérée impérieuse, relatant les généralités et détaillant les spécificités telles que nature, revêtement et géométrie des matériaux, et dont les différentes analyses ont abouti à des échanges constructifs entre clients et fournisseurs produisant des résultats permettant de proposer de bonnes pratiques d'une part pour la rédaction de spécifications propreté, d'autre part pour formuler les réponses les plus pertinentes aux appels d'offres propreté.

## Contextes et enjeux techniques et économiques

La propreté particulière des pièces est une exigence de plus en plus courante en mécanique, qui peut conduire à des coûts excessifs lorsque les exigences ne sont pas adaptées.

## Rappel du besoin

Ce document a pour objectif de faire un état de l'art des niveaux de propreté particulière existants aujourd'hui sur différentes familles de pièces de fixation et de proposer des bonnes pratiques en termes de rédaction de spécifications propreté et de réponses aux appels d'offres propreté. Les pollutions organiques (huiles et graisses par exemple) et les résidus de produit de nettoyage ne sont pas concernés par ce document.

Le présent document ne fournit pas de spécifications propreté par typologie de pièces, celles-ci étant dépendantes du contexte et de l'utilisation de ces dernières.

## Résultats obtenus

### Spécifications propreté : bonnes pratiques

#### Généralités

Une absence totale de particules (solides) étant impossible, les exigences de propreté doivent définir un niveau de contamination acceptable. Des formulations imprécises telles que « exempt de particules » doivent être remplacées par des exigences claires et mesurables.

La propreté est un phénomène global, impacté par de nombreux paramètres (nature du matériau, traitements appliqués, procédés utilisés, milieu ambiant, etc.). Les exigences de propreté conduisent donc en général à une augmentation des coûts qui peut prendre des proportions démesurées en fonction des limites établies. Ces dernières doivent donc être fixées très prudemment et en accord entre les contractants.

Les moyens de mesure actuels (microscope optique) ne permettent pas de distinguer de manière certaine la nature de toutes les particules mais permettent cependant de faire la distinction métallique/non-métallique avec une fiabilité correcte. **Les méthodes de mesure de propreté standard ne permettent pas de différencier les particules dures des particules molles.**

**Il est primordial, lors de la rédaction d'un cahier des charges propreté, de tenir compte de l'état de l'art du process d'un point de vue des niveaux de propreté atteignable, tout en restant également en cohérence avec le secteur d'activité concerné.**

#### Matériaux, revêtement et géométrie

Il est difficile de déterminer, a priori, quel matériau ou revêtement sera adapté à quel niveau de propreté sans effectuer des mesures. Les facteurs importants à prendre en compte pour une pièce ayant des contraintes de propreté sont :

- La morphologie de la pièce
- Les caractéristiques des matériaux/revêtements :
  - Résistance à la sollicitation chimique (sensibilité aux produits chimiques, tenue à la corrosion, etc.) ;
  - Sensibilité à la sollicitation mécanique (abrasion, chocs, usure, etc.) ;
  - Pouvoir du matériau à retenir et à attirer les pollutions (magnétisme, électricité statique, porosité, etc.) ;
  - Nécessité de filmogène ou finition grasse (qui peuvent attirer ou libérer des contaminants) ;
  - Adhérence du revêtement de surface sur la pièce ;
  - Capacité du matériau/revêtement à être nettoyé.
- Le procédé utilisé pour traiter la pièce :
  - Contaminations croisées lors du traitement de plusieurs pièces en bains ;
  - Revêtements appliqués en vrac pouvant causer des collages de pièces entre elles, générant donc des défauts lors du décollage (génération de particules, amorces de corrosion, etc.) ;
  - Problématiques de mauvaise préparation de surface ou de mauvais rinçage ;
  - Traitement des pièces juste après un changement de bains ;
  - Propreté des outillages (bains, tonneaux, barres d'attaches, etc.).
- Les défauts de traitement de surface : ils peuvent être une source importante de pollution et sont en général assez difficiles à anticiper et à maîtriser sans coûts élevés d'organisation et de process.

Tableau 1 : Liste non exhaustive de défauts pouvant avoir une influence sur la propreté.

Procédé de revêtement et traitement de surface	Risques vis-à-vis de la propreté
Revêtement	Formation d'excroissances détachables Risques de cloquage Gratons (sels précipités dans les bains, pollutions dans les bains, précipitations de carbonates, etc.) Cas particulier des aluminiums/zincs lamellaires : libération possible des paillettes Surépaisseur (et fragilisation du RTS)
Traitements par conversion	Risque de farinage (mauvais colmatage de l'anodisation) Pollution dans les bains
Traitements par diffusion (thermochimiques)	Résidus lors des traitements en bain
Traitements par transformation structurale	Résidus de grenailage
Les dimensions des particules générées par ces défauts sont bien évidemment à mettre en relation avec les dimensions des particules critiques sur les pièces.	

### État de l'art

Ces valeurs sont basées sur des moyennes de prélèvements et ne peuvent pas être considérées comme des valeurs garanties, tout particulièrement concernant les tailles maximales de particules.

Les valeurs ci-après sont atteignables uniquement avec des process adaptés. Une réduction de ces valeurs n'est possible qu'au prix d'une augmentation significative des coûts.

Il faut de plus considérer qu'il existe des limites systémiques infranchissables, déterminées essentiellement par le traitement de surface/matériau et le procédé de nettoyage utilisé.

On qualifie de « plus petite taille maxi de particule atteinte » la plus petite taille maximale de particule obtenue sur un lot de pièce. On qualifie de « taille maximale de particule moyenne » la taille moyenne de la plus grande particule obtenue sur la pièce. Ces valeurs ne comprennent pas les fibres textiles.

Traitement de surface	GT propreté de surface					
	Traitement zinc alcalin 8 -12 MIC Passive	Revêtement zinc nickel sans chrome VI + 2 couches de finition	Nitruration	Inox X10 Cr Ni 18-8 écroui C1150 – 1.4310 Sans traitement de surface	Acier 35MF6PB Sans traitement de surface	Phosphatation Manganèse + Top Coat lubrification sèche
Surface mouillée de pièce [cm²]	Masse de particule / pièce (mg)					
≤ 20	0,1	0,3		0,03	0,7	
21 - 50			0,5			(**)
51 - 100						
101 - 400						
401- 1000						
Plus petite taille maxi de particule atteinte (µm)	400	400	1000	400	400	400
Taille maximale de particule moyenne (µm)	1000	1000	> 1000	> 1000	> 1000	1000

Traitement de surface Surface mouillée de pièce [cm²]	Mesures industrielles						
	Phosphatation Manganèse + Top Coat lubrification sèche	Phosphatation Zinc + huile soluble	Phosphatation Zinc + Top Coat lubrification sèche	Phosphatation Manganèse + huile soluble	Sans traitement de surface	Revêtement zinc nickel + Top Coat lubrification sèche	Noir de trempe
	Masse de particule de la surface à tester / de la surface de la pièce (mg)						
≤ 20							1,3 (***)
21 - 50					0,8		
51 - 100	(**)	(**)	(**)	(**)		(**)	
101 - 400							
401 - 1000							
Plus petite taille maxi de particule atteinte (µm)	400	400	400	450	500	350	400
Taille maximale de particule moyenne (µm)	> 1000	> 1000	> 1000	850	900	700	> 1000

*Remarque : Lors de l'extraction d'éléments d'assemblages lubrifiés, la gravimétrie peut être augmentée, faisant croire à une pollution plus importante qu'elle ne l'est en réalité. Il en est de même avec certains traitements de surface. Cette particularité doit être prise en compte lors de la rédaction des cahiers des charges propreté.*

#### Interprétation des résultats

Il est très important de noter que les mesures réalisées par plusieurs organismes ne sont pas directement comparables puisque les niveaux de propreté peuvent être très différents d'un échantillon à l'autre, même au sein d'un même lot de production.

De plus, des essais interlaboratoires réalisés sur les étapes d'extraction et de comptage granulométrique ont montré de fortes dispersions dans les valeurs obtenues avec les méthodes actuelles. Ces méthodes sont actuellement en cours d'amélioration, notamment afin de garantir une bonne reproductibilité des résultats obtenus d'un laboratoire à l'autre.

Pour éviter les litiges, il faut définir les règles (par exemple, l'art et la manière de faire des essais répétés) entre client et fournisseur. La propreté n'est en effet pas comparable aux

autres paramètres métrologiques comme un diamètre ou une longueur : on ne peut pas optimiser la taille des contaminants que l'on va produire lors du process.

D'un point de vue assurance qualité, on ne peut donc pas avoir les mêmes réflexes que sur les autres critères des cahiers des charges. Même si l'on nettoie, outre la mise en place d'une maîtrise de la propreté extrêmement poussée, il existera toujours des variations du niveau de propreté atteint, avec des pics de « non-propreté » difficiles à contrôler.

Ainsi, une bonne pratique, en cas de non-conformité d'une pièce à un cahier des charges propreté, est dans un premier temps de réaliser une seconde mesure sur un autre prélèvement de pièces provenant du même lot. **La propreté ne doit pas être considérée comme une limite de tolérance mais plutôt comme une limite qui doit donner naissance à des actions correctives quand elle est dépassée.**

#### Exploitabilité des résultats

Les résultats de l'étude permettent un échange constructif entre clients et fournisseurs sur les exigences propreté applicables en fonction des domaines (type de pièce et type de revêtement utilisé).

## Ensemble pour les entreprises de la mécanique

© CENTRE TECHNIQUE DES INDUSTRIES MÉCANIQUES (CETIM), 2020

« Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit de cet ouvrage faite sans l'autorisation du CETIM est illicite. Elle constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées » (Code de la propriété intellectuelle, articles L-122-5 et L-335-2).

#### Votre contact

Cathy MATOS DA SILVA  
Cetim – 52 avenue Félix-Louat, CS 80067  
60304 Senlis Cedex  
Service Question Réponse :  
09 70 82 16 80 - [sqr@cetim.fr](mailto:sqr@cetim.fr)

