

Exigences de propreté des systèmes hydrauliques

De nouveaux outils d'optimisation

Christophe Peuchot, directeur général de l'IFTS (Institut de la Filtration et des Techniques Séparatives) et Chef de projet ISO, présente la méthode CP de prédiction de la contamination des systèmes hydrauliques. **Ce nouvel outil adopté par l'ISO permet de prédire le niveau de propreté d'un système assemblé à partir de celui de l'ensemble de ses composants.** La méthode CP explique également aux concepteurs comment spécifier leurs exigences sur les pièces les plus simples pour atteindre le niveau de propreté final requis par leur système.

Cet article a été présenté à l'IFPE (International Fluid Power Conference, Las Vegas, USA, Mars 2008) et à l'IFK (International Fluid Kolloquium, Dresden, Mars 2008). Il décrit les méthodes utilisées pour mesurer et exprimer les niveaux de propreté des pièces, composants et systèmes assemblés de fluides hydrauliques. L'accent est mis sur l'expression du niveau de propreté du composant. S'agissant d'un sujet assez controversé, des explications sont nécessaires pour comprendre le nouveau CCC (Code de Contamination des Composants / Component Cleanliness Code).

En raison du coût potentiel de la propreté dans les ateliers industriels et du fait que tous les fabricants de pièces/composants ne disposent pas d'installations appropriées pour les nettoyer, nous présentons ici un nouvel outil (la Méthode CP) de prédiction de la contamination. Adoptée par l'ISO sous le numéro ISO TS 10686, cette méthode explique le lien direct existant entre la contamination des pièces, des composants, des sous-ensembles, des systèmes assemblés et des fluides hydrauliques. Une fois cette explication fournie, la méthode permet de prédire le niveau de propreté d'un système assemblé à partir du niveau de propreté de l'ensemble de ses composants. La méthode CP explique également aux concepteurs du système comment gérer leurs exigences en matière de propreté (par exemple en exigeant des composants plus propres tout en acceptant d'assembler des composants plus sales) de manière à atteindre le niveau de propreté final requis par le système.

Ce document présente un exemple d'application de la méthode CP à un système hydraulique simple.

► « La maîtrise de la contamination particulaire des fluides a prouvé son efficacité pour améliorer les performances et la fiabilité, pour prolonger la durée de vie et pour réduire les frais d'exploitation de tous les systèmes hydrauliques.

Ces résultats peuvent être atteints en installant les filtres adéquats aux endroits appropriés de manière à maintenir le niveau de concentration particulaire des circuits en dessous de leur seuil de dangerosité.

La prise en compte de la contamination particulaire dès les premières étapes du cycle de vie du système constitue un grand pas en avant. Cela permet, dès la fabrication des composants et l'assemblage du système, d'éviter que de grosses particules, telles que des résidus d'usinage ou de montage, n'entraînent des dommages irréparables ou ne bloquent immédiatement une pièce mobile lorsque le système est mis en marche pour la première fois.

Ces nouvelles considérations ont donné lieu au développement et à l'amélioration de méthodes permettant de maîtriser la propreté initiale des composants et des systèmes hydrauliques. L'industrie a développé une série de normes pour aider les concepteurs, les assembleurs et les utilisateurs de systèmes à parler un langage commun, à utiliser les mêmes outils et procédures de mesure de la propreté des pièces, fluides et systèmes, et à exprimer les résultats et spécifications de manière similaire.

Le dernier projet de norme traite de la manière de rapprocher les niveaux de propreté des composants d'un système hydraulique.

1. EXPRESSION DES NIVEAUX DE PROPRETÉ

1.1. Niveau de propreté des fluides

À l'échelle de la planète, il existe deux manières d'exprimer le

niveau de propreté particulaire des fluides hydrauliques.

- La plus ancienne et la plus courante est la méthode spécifiée par la norme nationale américaine NAS 1638, rédigée au début des années 60, qui a fait l'objet de trois révisions avant d'être annulée en 2002. Elle a été remplacée par la norme AS 4059, publiée pour la première fois en 1988 et révisée plusieurs fois avant l'adoption de la version E actuellement en vigueur.

Elle consiste à comparer le nombre de particules présentes dans 100 ml du fluide analysé à un tableau définissant les niveaux de propreté de 00 à 12 dans six classes de tailles de particules (5 à 15, 15 à 25, 25 à 50, 50 à 100 et $>100 \mu\text{m}$) et à définir la classe de propreté du fluide sur la base du plus haut niveau détecté.



ILTS

L'essai d'usure : seule base indiscutable d'une exigence propreté (ici une servovalve de train d'atterrissage en essai 380 h)

Utilisée dans l'industrie aérospatiale, cette norme réfère aux comptages différentiel (de même que la norme NAS 1638) et cumulatif de particules, utilise des lettres pour exprimer la classe de taille des particules, introduit une classe de taille inférieure (de 1 à $5 \mu\text{m}$) et adopte les deux unités de mesure μm et $\mu\text{m(c)}$. Le symbole μm se réfère aux tailles mesurées soit au moyen d'un microscope (en mesurant leur plus grande dimension) ou d'un CAP (compteur automatique de particules) étalonné avec la poudre ACFTD (qui n'est plus disponible commercialement) conformément à la norme ISO 4402 (annulée) d'une part, soit au moyen d'un microscope (en mesurant le diamètre de la sphère de même surface projetée) et d'un CAP étalonné avec la suspension de référence NIST SRM 2806,

conformément à la norme ISO 11 171, d'autre part.

Cette méthode d'expression du niveau de propreté des fluides aéronautiques a été adoptée par l'ISO sous le numéro ISO 11 218 qui adopte en outre le code de propreté des fluides sous forme de suite des niveaux de propreté mesurés dans toutes les catégories de taille comme spécifié dans la norme française NF E 48-555 publiée en 2002.

- La seconde méthode d'expression du niveau de propreté des fluides est spécifiée par la norme ISO 4406. Elle consiste à reporter un niveau (entre 0 et 24) pour les particules de plus de 4, 6 et 14 μm (c) si le comptage est effectué à l'aide d'un CAP étalonné conformément à ISO 11 171, ou de plus de 5 et 15 μm si le comptage est effectué à l'aide d'un microscope ou d'un ancien CAP étalonné conformément à la norme ISO 4402.

Eu égard aux efforts mis en œuvre par l'industrie des systèmes hydrauliques pour améliorer la propreté des systèmes tout en réduisant les frais de maintenance et d'exploitation, il est recommandé d'utiliser le code ISO 11 128 ou son «ancêtre» français NF E 48-655 (et pas uniquement la traditionnelle «classe NAS») pour gérer et comprendre la contamination, tandis que le code ISO 4402 reste l'outil le plus simple (aveugle puisqu'il donne le même poids à deux particules de 16 et de 400 μm) pour surveiller un système.

Un parallèle peut être fait entre les instruments utilisés pour mesurer les niveaux de contamination et les normes utilisées pour les exprimer :

- Mesure de la contamination avec un CAP conformément à la norme ISO 11 500 et émission du rapport conformément à la norme ISO 11 218 ou
- Surveillance de l'évolution de la pollution d'un système à l'aide d'un indicateur de contamination particulaire des fluides (FCM ou ICF) conformément à

Classe de taille	Taille X (μm)
B	$5 \leq X < 15$
C	$15 \leq X < 25$
D	$25 \leq X < 50$
E	$50 \leq X < 100$
F	$100 \leq X < 150$
G	$150 \leq X < 200$
H	$200 \leq X < 400$
I	$400 \leq X < 600$
J	$600 \leq X < 1000$
K	$1000 \leq X$

IFTS

Tableau 1a - Classes de tailles pour le comptage des particules

Nombre de particules pour 100 cm^3 ou 1000 cm^3		Niveau de propreté
Supérieur à	Inférieur ou égal à	
0	0	00
0	1	0
1	2	1
2	4	2
4	8	3
8	16	4
16	32	5
32	64	6
64	130	7
130	250	8
250	500	9
500	1×10^3	10
1×10^3	2×10^3	11
2×10^3	4×10^3	12
4×10^3	8×10^3	13
8×10^3	16×10^3	14
16×10^3	32×10^3	15
32×10^3	64×10^3	16
64×10^3	130×10^3	17
130×10^3	250×10^3	18
250×10^3	500×10^3	19
500×10^3	1×10^6	20
1×10^6	2×10^6	21
2×10^6	4×10^6	22
4×10^6	8×10^6	23
8×10^6	16×10^6	24

IFTS

Tableau 1b - Définition du niveau de propreté d'un composant

Tableaux 1 : Tableaux définissant le code de contamination des composants (CCC) automobiles conformément à la norme ISO 16232-10.

la norme ISO 21 018 et émission du rapport conformément à la norme ISO 4406

1.2. Niveau de propreté des composants

Même si la norme NAS 1638 a toujours été utilisée pour reporter la catégorie de propreté d'un fluide, elle définissait en toute rigueur un code ou une classe de propreté des composants. L'industrie automobile européenne, qui conçoit et utilise des systèmes d'injection à haute pression pour tous les moteurs diesel modernes, est entrée dans une nouvelle ère de spécifications industrielles incluant des exigences en matière de propreté. Ces spécifications se basent sur le code de propreté des composants défini par la norme ISO 16 232-10, qui utilise des combinaisons de lettres (de B à K) pour définir les classes de taille des particules (tableau 1a) et de chiffres (de 00 à 24) pour définir les niveaux de propreté (tableau 1b) des composants.

Les classes de taille sont celles définies par la norme NF E 48-695 (la première du genre publiée en 2003) pour la codification de la propreté des composants hydrauliques, étendues à 1000 μm , qui proviennent elles-mêmes des limites définies par la norme NF E 48-655 ou ISO 11218 (jusqu'à 100 μm) pour exprimer la propreté des fluides. Les niveaux de propreté sont ceux définis par la norme ISO 4406, auxquels est venu s'ajouter un nouveau niveau 00 correspondant à zéro particule. Mais ils se réfèrent à 100 cm^3 ou 1 000 cm^2 de volume ou de surface mouillé(e) du composant (et non plus de volume de fluide). Cela signifie que les nombres apparaissant dans les deux colonnes de gauche du tableau 1b correspondent à ceux du tableau 1 de l'ISO 4406 multipliés par 100.

Le CCC (Code de Contamination des Composants) s'exprime sous forme de séquence de paires alphanumériques, entre



IFTS

La méthode CP s'applique à tous les systèmes et à tous les composants dont la propreté est évaluée selon ISO 18413 et ISO 16232

parenthèses et séparée par des barres obliques, spécifiant tout ou partie des classes de taille indiquées dans le tableau 1a et leur niveau de contamination indiqué dans le tableau 1b. Le V ou le A majuscule précédant les parenthèses indique si le code se réfère à 100 cm³ ou à 1 000 cm² de volume mouillé (V) ou de surface mouillée (A) du composant.

Exemple : CCC = V(B30/C16/D18/E12/F12/G12/H8/I0/J0/K00)

Des règles simples permettent alors de simplifier l'expression

de la propreté des composants et de l'adapter selon les besoins :

- Seules les tailles appropriées sont à indiquer (il n'y a donc aucune obligation à se référer à des particules de 5 μ m dont le comptage pose problème à beaucoup de laboratoires industriels).
- Lorsque plusieurs classes de taille sont au même niveau de pollution, les lettres correspondantes apparaissent côte à côte (ex. : /EFG12/).
- Lorsque le niveau de pollution se réfère à des classes de taille supérieures aux classes standards, les lettres correspondant

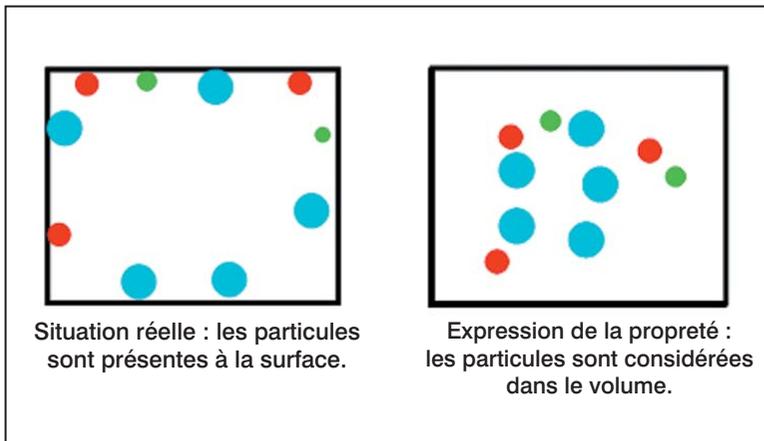


Figure 1 : Représentation de la contamination particulaire dans le volume mouillé des composants

« La méthode de Prédiction de la Contamination a été développée pour rapprocher de façon simple, logique et cohérente les niveaux de propreté des fluides, des pièces, des composants, des sous-ensembles et des systèmes assemblés »



La gestion des cotes propreté permet de s'adapter aux savoir-faire des ateliers de fabrication et de montage

à leurs tailles minimum et maximum sont séparées par un trait d'union suivi du niveau 00 (ex. : CCC = V(D18/H-K00). (G-K) signifie $\geq 150 \mu\text{m}$.

L'industrie aéronautique et spatiale étudie actuellement un code de propreté des composants exprimé comme la norme NAS 1638 aurait toujours dû l'être : au moyen du nombre de particules d'une taille donnée par unité de volume d'un composant : la norme Pr NF L 41-103 est discutée à l'ISO.

Pour leur part, les experts du comité de normalisation ISO TC 131/SC6 (maîtrise de la contamination particulaire des circuits hydrauliques de puissance) étudient une nouvelle proposition Code de Contamination des Composants faite par la France. Numérotée ISO 21017, la norme utilise la classification des niveaux de propreté définis par l'ISO 4406 (N/mL de volume mouillé de composants) et spécifie trois tailles de particules, 15 (ce qui rejoint la norme ISO 4406), 100 et 200 μm .

Le Code de Contamination des Composants hydrauliques permet d'écrire CCC = [18/10/00] pour signifier entre 130 000 et 250 000 particules supérieures à 15 μm , entre 500 et 1 000 particules supérieures à 100 μm et aucune particule supérieure à 200 μm dans 100 cm^3 de volume mouillé du composant. Si ces nombres étaient rapportés à 1 000 cm^2 de surface mouillée du composant la lettre A serait imprimée en indice du dernier crochet.

En l'absence d'une norme applicable aux systèmes hydrauliques de puissance, les ingénieurs et techniciens de Bureaux d'Etudes peuvent s'appuyer sur l'ISO 16 232-10, déjà largement utilisée en Europe et à travers le monde.

Il est intéressant de souligner que les niveaux de propreté des composants peuvent être facilement comparés à ceux des fluides lorsqu'ils sont mesurés sur la base du volume et non de la surface du composant. C'est

la globalité et la cohérence de la démarche qui a conduit à notre proposition de ces Codes de Contamination de Composants à des industriels français puis aux instances de normalisation française et internationale.

C'est cette même observation qui est à l'origine de la création du nouvel outil de gestion du niveau de propreté décrit ci-après.

2. COMMENT RAPPROCHER LES NIVEAUX DE PROPRETÉ : LA MÉTHODE CP

Plusieurs grands utilisateurs de systèmes de fluides automobiles, hydrauliques et aérospatiaux se demandent comment harmoniser et gérer leurs exigences en matière de propreté.

Pour répondre à leurs besoins, la méthode de Prédiction de la Contamination (CP) (en anglais Cleanliness Prediction Method) a été développée pour rapprocher de façon simple, logique et cohérente les niveaux de propreté des fluides, des pièces, des composants, des sous-ensembles et des systèmes assemblés. Elle permet de prédire la propreté d'un système assemblé en fonction de la propreté de ses composants ou d'ajuster les niveaux de propreté requis pour les composants à assembler afin d'atteindre le niveau voulu sur l'ensemble du système livré.

Elle est actuellement étudiée par ISO et devrait être publiée prochainement sous la dénomination de Spécification Technique ISO TS 10 686.

2.1. Symboles et concepts de base

X : élément concerné :

P = pièce ; C = composant ;

S = système ;

F = fluide

N_x : nombre de particules par élément X

V_x : volume mouillé de l'élément X (cm^3)

A_x : surface mouillée de l'élément X (cm^2)

C_x : concentration de particules

par unité de volume (cm^3) de l'élément X

= niveau de propreté des composants
= N par cm^3 (N/mL)
= N_x/V_x

Si dans la réalité des faits, les particules contaminant un composant (vide de fluide) sont déposées ou collées sur ses parois, donc sur une surface, il faut les considérer, les imaginer, comme se trouvant «en suspension» dans le volume vide du composant, le volume qui, en condition fonctionnelle normale ou extrême, est rempli du fluide hydraulique. Ce volume est appelé le volume mouillé du composant.

Voir figure 1 (page 18).

Conformément à la norme ISO 16232-10 (mais aussi NF E 48-695 et NF L 41-103) et au projet ISO 21017, le niveau de propreté des composants doit être exprimé sous la forme N/100 cm^3 par unité de volume du composant, c'est-à-dire : $\text{CCC} = V(-/-/-)$

Remarquons que le niveau de propreté (ou de contamination) des composants ainsi exprimé par unité de volume peut instantanément être comparé au niveau de propreté des fluides conformément à la norme ISO 4406 (N/mL).

Lorsque l'on combine la propreté de différents composants assemblés, les règles suivantes doivent s'appliquer :

Les nombres de particules (N) s'ajoutent.

Les volumes (V) des composants s'ajoutent.

Les niveaux de contamination (N/V) ne s'ajoutent jamais.

Les niveaux de contamination (N/V) ne sont jamais calculés sous forme de moyenne.

La méthode CP qui s'intéresse aux composants les plus petits jusqu'aux systèmes assemblés les plus complexes, s'appuie sur les considérations suivantes :

a). Les contaminants sont dispersés de manière homogène sur les surfaces.

b). Le système est statique et l'intégralité du fluide passe directement d'un composant à l'autre lors de la mise en marche du système.

c). La contamination initiale du système livré (SF) est la somme des contaminants présents dans le système assemblé (S) et de ceux introduits par le fluide de remplissage (F) ($N_{SF} = N_S + N_F$).

$$N_C = \left(\sum_{i=1}^n N_{Pi} \right) + N_{CAS} \quad (2)$$

Sur la base de ces considérations, il est possible de prédire le niveau de propreté d'un système lors de son assemblage (approche ascendante) et de gérer les exigences applicables aux pièces individuelles en fonction des exigences applicables

ditionnant les particules de chaque pièce (et la contribution du processus d'assemblage si elle est connue) et en divisant le résultat par le volume mouillé du composant.

Il peut également mesurer directement le niveau de propreté du composant au moyen de la méthode d'extraction appropriée. Il l'exprime sous forme de CCC(V), le code par unité de volume du composant (voir e) ci-dessus).

Le fabricant du sous-ensemble ou l'assembleur du système peut prédire son niveau de propreté final, exprimé par son CCC(V) en N/mL, en additionnant toutes les particules apportées par chaque composant ($N_{ci} = C_{ci} \times V_{ci}$) et par le processus d'assemblage et en divisant le résultat par le volume mouillé du système assemblé (V_s) (voir d) ci-dessus).

Enfin, l'utilisateur final peut prédire le niveau de propreté du système livré en additionnant le nombre de particules du système ($N_s = V_s \times C_s$) et le nombre de particules apportées par le fluide de remplissage ($N_F = V_F \times C_F$) et en divisant ce résultat par le volume du fluide (voir e) ci-dessus).

$$C_{SF} = \frac{(N_S + N_F)}{V_F} \quad (3)$$

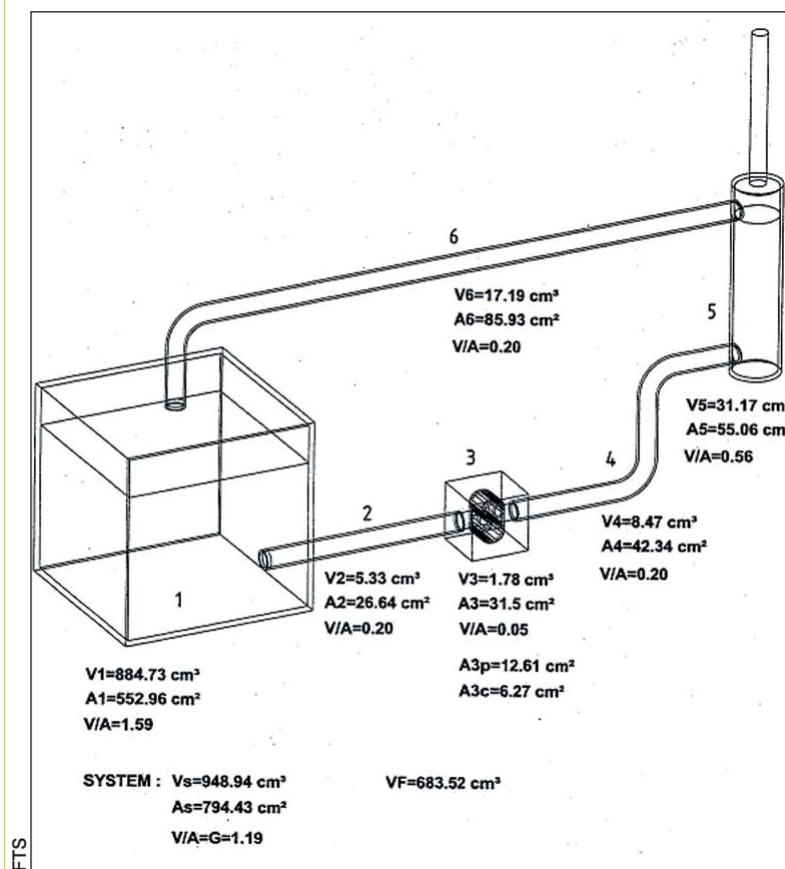


Figure 2 : Dessin d'un système hydraulique simple

d). La contamination initiale du système assemblé est la somme de la contamination initiale de tous ses composants et de la contamination due au processus d'assemblage du système.

$$N_S = \left(\sum_{i=1}^n N_{Ci} \right) + N_{SAS} \quad (1)$$

e). La contamination de chaque composant est la somme de la contamination de toutes les pièces qui le constituent et de la contamination apportée par l'assemblage du composant.

au système assemblé (approche descendante).

2.2. La méthode CP de prédiction de la propreté : approche ascendante

Le niveau de propreté de toutes les pièces à assembler doit être mesuré en utilisant la méthode d'extraction et la technique d'analyse des contaminants appropriées (ISO 18 413) et doit être exprimé par le nombre de particules par pièce (ou par son code).

Le fabricant du composant peut alors prédire son niveau de propreté final, exprimé par son CCC(V) en N/mL, en ad-

Cette valeur peut être exprimée sous forme du code de propreté des fluides ISO 4406.

En connaissant le niveau de propreté initial de chaque pièce ou composant individuel et celui du fluide de remplissage, il est donc possible de prédire le niveau ISO 4406 du système livré.

L'assertion 2.1.2.c) indique clairement que le remplissage d'un système assemblé présentant un niveau 20 selon ISO 16232 avec un fluide présentant le même niveau 20 selon ISO 4406 permet d'obtenir un système présentant un niveau 21 selon ISO 4406. Les nombres de particules du système et du fluide s'ajoutent. Si le nombre

(1) Composants	(2) N part. > X μm par composant	(3) Volume mL	(4) Niveau de propreté C _x
Réservoir	0.4	885	2
Tuyaux	1	5.3	8
	2	8.5	10
	3	17.2	10
Pompe	23.1	1.78	17
Cylindre	1.6	31.2	9
Système assemblé	28	948.98	9
Fluide de remplissage	4	684	6
Total système	32	684	9

Tableau 2 : Exemple de tableur Excel pour le calcul des niveaux de propreté des systèmes hydrauliques

est le même, il est multiplié par deux. Cependant, le volume est le même (celui du fluide de remplissage). La concentration est donc multipliée par deux, ce qui signifie que la propreté ISO augmente d'un niveau.

À titre d'exemple, la figure 2 (page 20) fournit une vue 3D d'un système hydraulique simple dont le volume et la surface mouillés de chaque composant peuvent être calculés à l'aide du logiciel de CAO approprié.

Les concepteurs de systèmes hydrauliques peuvent facilement développer des logiciels (une feuille Excel convient tout à fait) capables d'additionner le nombre de particules et les volumes mouillés, de calculer les concentrations correspon-

dantes (N/mL), de les comparer au tableau 2 de la norme ISO 16232-10 (ou ISO 21017) ou au tableau 1 de la norme ISO 4406 et d'indiquer les niveaux ISO 4406 correspondants. Le tableau 2 fournit un exemple de tableur Excel.

2.3. La méthode CP de prédiction de la propreté : approche descendante

La méthode CP offre également une base pratique pour « négocier » les exigences de propreté d'un utilisateur final envers ses fournisseurs de composants et d'un fabricant de composant envers ses fournisseurs de pièces.

Lorsque l'utilisateur d'un système hydraulique souhaite un niveau ISO 4406 C_{SP} il sait que

les contaminants du système (N_s) et du fluide (N_f) s'ajoutent ($N_{sf} = N_s + N_f$), comme expliqué à la section 2.1.2. c). Il peut alors définir des exigences similaires ($2=1+1$) ou bien des exigences pondérées ($2 = 0.1+1.9 = 0.2+1.8 = \dots$).

2.3.1. Exigences similaires

L'utilisateur d'un système hydraulique peut simplement spécifier des exigences similaires aux fournisseurs de fluides et aux fournisseurs de composants ou de sous-ensembles. Ces exigences seront inférieures d'un niveau ISO 4406 pour le fluide ($C_f = C_{sf}-1$) et similaires, mais plus détaillées (avantage de tailles que 5 et 15 μm) conformément à la norme ISO 16232-10, pour les composants ($C_c = C_{sf}-1$).

Le fabricant de composants peut alors demander à son fournisseur de pièces le même niveau, ou un niveau inférieur s'il considère que son processus d'assemblage introduit autant de particules que celles initialement présentes sur les pièces. Lorsque la pièce n'a pas de volume mouillé (pignon de la pompe à engrenage p.e.), l'exigence en N/mL peut être transformée en N/cm² en la divisant par le nombre G' du composant (ratio volume mouillé/surface mouillée du composant). Il est également possible, si ces données sont connues ou fournies par l'assembleur du système, de diviser N/mL par le nombre G du système (ratio volume du fluide du système/surface mouillée du système assemblé). N/cm² = (N/mL)/G.

2.3.2. Exigences pondérées

Si, lors de ses négociations avec un fournisseur de composants ou de pièces, l'utilisateur final ne peut pas spécifier les mêmes exigences pour chacun d'entre eux, il peut utiliser un simple logiciel comme décrit à la section 4.2. et dans le tableau 2.

En «désévaluant» les exigences appliquées à certains composants difficiles à nettoyer, il peut calculer le niveau de propreté devant être atteint par les autres composants ou par le fluide de

remplissage pour atteindre le niveau de propreté final voulu pour le système. Le logiciel lui indiquera les exigences applicables à chaque composant sous forme de code par volume ISO 16232-10 ou bientôt ISO 21017.

2.3.3. Relation Volume/Surface

De très nombreuses spécifications propreté de pièces et de composants industriels (automobiles, hydrauliques ou aéronautiques) expriment une exigence en nombre (ou en mg) de particules par unité de surface de pièce ou de composant.

le fluide qui quittera la pompe de la figure 2 ($V/A = 0.05$) sera ($1.59/0.05=32$) environ 30 fois plus sale que celui qui quittera le réservoir ($V/A=1.6$), soit 5 niveaux de pollution ISO 4406 supérieur.

Il n'est donc pas possible que tous les composants d'un système couvert par une même exigence propreté donnée soient lavés dans la même machine à laver.

Par contre, leur niveau de propreté sera identique si, plus ou moins propres au départ parce que lavés ainsi, il font ensuite l'objet d'un rinçage ou d'une

la Contamination (méthode CP) est la dernière à avoir été élaborée et adoptée comme moyen d'harmonisation et de mise en perspective des niveaux de propreté des fluides, des pièces, des composants, des sous-ensembles, des systèmes assemblés vides et des systèmes livrés prêts à fonctionner. La norme ISO TS 10 686 adopte l'idée simple selon laquelle les niveaux de contamination peuvent être exprimés en fonction du nombre de particules par unité de volume de composants, comme c'est actuellement le cas pour les fluides. Le ratio V/A permet d'exprimer les niveaux de propreté sous la forme N/cm² lorsqu'il s'agit de pièces pleines sans volume mouillé.

La mise en œuvre de la méthode sur des tableurs courants permet dorénavant aux spécificateurs de cotes propreté de pouvoir gérer leurs exigences et de les négocier avec leurs fournisseurs.

Tous les professionnels des circuits de fluides, qu'il s'agisse de circuits hydrauliques de puissance, industriels, aéronautiques ou autres ou de circuits de carburation ou de lubrification de moteurs ou de réacteurs disposeront, à court ou moyen terme, d'un même modèle d'expression et de gestion de leurs cotes propreté, ce qui facilitera les relations industrielles et simplifiera la vie des fournisseurs multisectoriels ». ■

Christophe Peuchot, directeur général de l'Institut de la Filtration et des Techniques Séparatives, Chef de projet ISO TS 10686

« Tous les professionnels des circuits de fluides disposeront, à court ou moyen terme, d'un même modèle d'expression et de gestion de leurs cotes propreté »

Mais la discussion avec leurs rédacteurs montre trop souvent que la relation avec l'exigence stipulée sur le fluide ou sur le système complet n'existe par ou n'est pas comprise.

Un spécialiste de l'hydraulique doit raisonner système et fluide en circulation d'un composant à l'autre du système. Donc en volume. Il n'est pas un peintre ou un traicteur de surface voulant y déposer une couche protectrice.

Or des calculs simples montrent que la propreté par unité de volume (N/mL) et la propreté par unité de surface (N/cm²) sont dans le rapport de leur valeur (V/A). Cela signifie par exemple qu'à même propreté de surface ($N_p/\text{cm}^2 = N_r/\text{cm}^2$)

dépollution finale soit sur banc, soit intégrés au système assemblé avec un fluide au niveau de propreté voulu.

3. CONCLUSION

L'impact négatif de la contamination particulaire sur la fiabilité, la durabilité, les performances et, plus généralement, sur les frais d'exploitation et de maintenance des systèmes hydrauliques est aujourd'hui généralement reconnu.

De nouveaux outils ont été développés et plusieurs sont normalisés au niveau mondial pour mesurer et maîtriser la contamination particulaire de composants hydrauliques en production.

La Méthode de Prédiction de

L'auteur remercie sincèrement les experts du comité ISO TC 131/SC6/WG3 qui, grâce à leurs questions et à leurs critiques, ont permis le développement d'un nouvel outil simple, clair et robuste permettant à l'industrie hydraulique d'améliorer sa gestion des niveaux de contamination particulaire.