

Fluides hydrauliques/composants machines

Des chefs-d'œuvre pensés séparément



Photo : Bayer Research

Il en est de la technique comme de la politique : plus un sujet est problématique, plus il y a de rôleurs. Mais moins il s'en trouve pour débattre de la question le moment venu. Fluides et Transmissions a pourtant rencontré quelques entreprises courageuses pour, tout simplement, réaliser un état des lieux de ce problème épineux : la compatibilité entre le fluide hydraulique et les composants de la machine. De très bonnes nouvelles ont ainsi émergé du brouillard d'huile. Et un regret : le peu de partenariats existants entre les fabricants d'huiles, les caoutchoutiers et les constructeurs.

► Le fluide hydraulique est le sang de la machine. Aucun composant n'y échappe. Il apporte la puissance, encaisse les coups, assure la lubrification et, rôle moins évident de prime abord, il nettoie les composants au passage ! Le fluide est donc la pièce centrale de la machine.

Et quelle pièce ! Formulé aux petits oignons par les pétroliers et fabricants spécialisés, le fluide améliore ses gammes en travaillant ses bases (huile minérale, eau, glycol, ester, huile végétale, esters phosphates pour les plus courantes) et en se dopant aux additifs (anti-usure, antioxydants, anticorrosion, inhibiteur de

**« Le fluide
améliore
ses gammes
en travaillant
ses bases et en
se dopant aux
additifs »**

cuire, améliorant de viscosité, dispersants...).

Oui, mais voilà ! Ce petit bijou de chimie est confronté à plein d'autres petits chefs-d'œuvre, chimiques et mécaniques, au sein de la machine. Les élastomères, tout d'abord. « Le contact de l'huile avec des élastomères, selon leurs composi-

tions respectives, peut créer une réaction chimique entraînant des dégradations rapides avec des conséquences graves aussi bien sur la santé des personnes que sur l'environnement ou la casse de matériel », prévient Yves Chausset, ingénieur maintenance, expert et médiateur de Coroil.

« Joints, membranes ou vessies d'accumulateurs et flexibles sont les pièces les plus difficiles à mettre au diapason avec le fluide »

LE POINT D'ANILINE (PA)

Il caractérise l'action de l'huile vis à vis des organes à base de caoutchouc suivant leur composition chimique. Il faut $PA \approx 100 \pm 10$. Pour le déterminer, on compare la viscosité de l'huile avec une paraffine à basse température et une huile naphthénique à haute température.

Si l'huile a un point d'aniline faible, les élastomères ramollissent, gonflent et se désagrègent. Pour un point d'aniline élevé, les élastomères durcissent et se fendillent. « Je ne connaît pas une huile aujourd'hui sur le marché dont le point d'aniline ne soit pas compris entre 95 et 110 », affirme cependant Frédéric Capo, directeur technique de Unil Opal.

FORMULATIONS COMPLEXES

Joints, membranes ou vessies d'accumulateurs et flexibles sont en effet les pièces les plus difficiles à mettre au diapason avec le fluide. Leurs formulations sont tout aussi complexes : des matériaux de base (hydrines, nitrile, viton, butyle, EPDM) et des additifs (plastifiants, noir de carbone, durcisseurs, agents de vulcanisation...). Si l'on y prend pas garde, il est vite fait de placer un élastomère dans un milieu agressif pour lui, qu'il le dissolve complètement, le fonde, le désagrège, le durcisse ou le craquèle.

« Dans un vérin normal, l'étanchéité coûte 5 à 10% du prix, or elle génère 90% des soucis rencontrés ! C'est pourquoi il faut prendre soin du choix des produits », assène Jean Lurot, responsable du bureau d'études vérins hydrauliques Bosch Rexroth Fluidtech. « Les problèmes de compatibilité avec les fluides se retrouvent plutôt dans les systèmes de

process, ou n'importe quel type de fluide peut transiter, que dans les systèmes hydrauliques », s'étonne Marc Mendowski, chef de l'activité marchés spéciaux de Olaer. En effet, « 95% des fluides utilisés dans l'industrie sont des huiles minérales classiques parfaitement maîtrisées », approuve Laurent Scaon, chef de produits chez Motul.

Pourtant, « les nouveaux fluides hydrauliques mis en application à un rythme élevé et les paramètres opérationnels, comme la température et la pression, changent pour correspondre au plus près des besoins de l'utilisateur. Il faut donc développer et tester de nouveaux matériaux d'étanchéité pour étendre leur durée de vie », remarque dans sa brochure

« L'élastomère idéal n'existe pas ! Mais les caoutchoutiers, en proposant des formulations quasiment « à la carte », font tout pour s'en rapprocher »

NORMES

ISO 6072 : Transmissions hydrauliques – Compatibilité des fluides avec les élastomères

ISO 13326 : Elastomères standards de référence (SRE) pour la caractérisation de l'effet des liquides sur les caoutchoucs vulcanisés

NF E 48610 : Transmissions hydrauliques - Fluides et caoutchoucs - Essais de compatibilité du couple

SAE MS 7255C : Rings, Sealing, Tetrafluoroethylene/propylene rubber (FEPM) -

Hydraulic fluid and synthetic oil resistant 70 to 80.

SAE AMS 7256A : Rings, Sealing, Tetrafluoroethylene/propylene rubber (FEPM) -

Hydraulic fluid and synthetic oil resistant 85 to 95.

SAE AMS 7257C : Rings, Sealing, Perfluorocarbon (FFKM) rubber high temperature

fluid resistant 70 to 80.

NF E 48603 : Spécifications des fluides hydrauliques

DIN 51524 : Liquides de pression - huile hydraulique

NF ISO 11158[2] : Propriétés en fonction de l'indice de viscosité pour chaque famille (HH, HL, HM, HR, HV et HG).

NF ISO 15380 : Lubrifiants, huiles industrielles et produits connexes (classe L) - Famille H (Systèmes hydrauliques) - Spécifications pour les catégories HETG, HEPG, HEES et HEPR

NF E 48-602 : Lubrifiant, huiles industrielles et produits annexes - Classe L - Classification - Famille H - Systèmes hydrauliques.

ISO 12922 : Fluides difficilement inflammables pour transmissions hydrauliques -

Spécifications.

ISO 6743-4 : Lubrifiants, huiles industrielles et produits annexes (classe L) - Classification.

Partie 4 : Famille H (systèmes hydrauliques).

NF ISO 3448 : Lubrifiants liquides industriels -

Classification ISO selon la viscosité

ISO 4406 : Fluides méthode de codification du niveau de pollution par particules solides.



Décomposition lente d'une membrane d'accumulateur après avoir été en contact ponctuellement avec l'encre d'un onyx-mortier.

Photo : Coroil

« Total Sealing Systems » le groupe Parker Hannifin. L'éventail de matériaux est d'ailleurs tel que le fabricant les différencie les uns des autres grâce à un code couleur.

« De plus, l'eau et les autres produits de vieillissement organiques et anorganiques agressifs peuvent attaquer le joint en raison de variations de la valeur pH », déplore Freudenberg Simrit sur son site web. Or, chaque trace d'élément chimique pouvant se retrouver dissout dans le fluide par formulation, vieillissement ou pollution étant source potentielle de réaction chimique, l'élastomère idéal n'existe pas ! Mais les caoutchoutiers, en proposant des formulations quasiment « à la carte », font tout pour s'en rapprocher.

UTILISER DES PROTECTIONS

Les alliages composant les corps de matériaux sont assez sensibles, eux aussi. Acier, inox, titane, fonte, aluminium se déclinent tous en un grand nombre d'alliages spécifiques. Chaque alliage ne supportera pas toutes les formulations d'huiles. « On peut cependant utiliser des protections : époxy en différentes épaisseurs, nickelage électrochimique, rilsan, qui résiste au fluide et permet un meilleur glissement entre le corps d'accumulateur et l'élastomère », précise Gérard Léger, chef de marché négoce de Olaer.

Les matériaux composites ou plastiques entrant dans la fabrication des filtres sont éventuellement touchés, eux aussi, pour les mêmes rai-

sons. « Le média filtrant doit aussi tenir le coup : il est souvent mis en place par de la colle ou de la résine. Un filtre composé de couches de papier peut, lui, carrément disparaître ! Mais il n'y a pas de problème dans le cas de filtres métalliques ou en fibre de verre », remarquent les responsables d'Olaer.

Les finesses de filtration, qui peuvent être trop petites pour la taille des molécules de fluide, créent là une incompatibilité mécanique : un colmatage n'est jamais synonyme de bonheur pour les machines ! Le fluide présente en outre des résistances mécaniques : trop visqueux, il bloque les pompes, pas assez, il ne lubrifie plus suffisamment les vérins et autres pièces mobiles, qui grippent et se cassent !

SÉLECTION CASSE-TÊTE

Non, le choix des divers composants d'une machine n'est pas chose aisée. Plus elle est sophistiquée, plus ses conditions de travail sont difficiles, plus la sélection des composants en fonction

du fluide (et vice-versa) est un casse-tête.

D'autant que pour résoudre ces problèmes, peu de partenariats, tel « Lube & Seal » de Simrit avec Klüber Lubrication, sont noués entre les différents métiers.

« Le fluide présente des résistances mécaniques : trop visqueux, il bloque les pompes, pas assez, il ne lubrifie plus suffisamment les vérins et autres pièces mobiles, qui grippent et se cassent ! »

« Ce sont les constructeurs et les utilisateurs qui en font les frais », constate-t-on dans la profession. Les sociétés développent plutôt un service d'accompagnement et de conseil direct au client, qui suppose qu'elles aient la capacité de réaliser les batteries de tests nécessaires pour s'assurer de la compatibilité des différents couples fluide/composant. « Certains constructeurs nous imposent de faire nos tests de compatibilité sur leur propre banc et de prendre en charge les frais importants qui en résultent », se plaignent des huiliers spécialisés.

« La question globale est délicate car les tenants appartiennent à différentes chapelles: les pétroliers et les caoutchoutiers, avec en cha-

« Il y a les fabricants d'huile d'un côté et les constructeurs mécaniques de l'autre : quand il y a un problème de couple huile/composant ce n'est la faute de personne ! »

L'AUTRE EMPÊCHEUSE DE FLUIDIFIER EN ROND

La compatibilité du fluide avec les composants machine n'est pas seulement chimique, mais aussi mécanique : sa viscosité est impérativement à prendre en compte, surtout dans le cas d'une pièce en mouvement (vérin, pompe) pour laquelle l'huile hydraulique servira de lubrifiant.

La viscosité caractérise la résistance d'un liquide à l'écoulement. Elle résulte de la résistance qu'opposent les molécules du fluide à des déplacements relatifs par glissement. La pompe à palette y est très sensible : les palettes bougent dans un logement à jeu très faible, une viscosité trop importante les bloque. A l'inverse, un fluide de faible viscosité aura du mal à lubrifier. Cela casse les paliers hydrostatiques, induit des frottements entre les composants, les use voire les casse, entraînant inévitablement la pollution du circuit.

« Les HFDD et HFDA, trop fluides, ne peuvent pas être utilisés pour remplacer certaines huiles sur les applications nécessitant la lubrification d'éléments », explique Stéphane Dorvaux, responsable SAV hydraulique Bosch Rexroth. Dans le cas d'une huile imposée, « le choix du matériau et du système de guidage va entrer en jeu », souligne Philippe Gross, responsable Division composant de Hydac. « On peut parfois jouer sur la température d'utilisation pour modifier la viscosité du produit ».

Chaque fluide a un indice de viscosité spécifique. « Internationalement, on utilise pour la définir les températures de 40 à 100°C, la viscosité étant exprimée en mm/s à 40°C », énonce l'Unitop. A température constante, la viscosité des huiles minérales augmente avec la pression suivant une courbe pratiquement exponentielle. Mais la viscosité n'est pas un paramètre constant : elle change avec le temps d'utilisation du fluide !

« De nombreuses sollicitations du fluide entraînent oxydation, cisaillement, variation de viscosité, contamination et pertes de propriétés lubrifiantes », rappellent les responsables de Klüber Lubrication. La variation temporelle de viscosité a notamment pour effet de réduire les débits, ce qui est néfaste pour la transmission.



Photo : Bosch Rexroth

Pollution dans un vérin équipé de joints FKM pour un fluide à base d'eau type HFC (gouttelettes d'eau sur la tige et le tube). Le joint torique a gonflé et flué : on dirait que le joint a fondu. De très légères traces de forces radiales ont été détectées. Le vérin doit être remis en état avec une version NBR.

peau les hydrauliciens. On a été à une époque pas très lointaine jusqu'à avoir deux représentants par pays membre participant à l'ISO – un hydraulicien et un caoutchoutier ! Cela n'a pas fait faire de gros progrès car ces clans ne se comprennent pas... », relate-t-on à l'Unitop.

« Comme il y a les fabricants d'huile d'un côté et les constructeurs mécaniques de l'autre qui les utilisent, quand il y a un problème de couple huile/composant ce n'est la faute de personne ! », explique un responsable de Bosch-Rexroth. « Cela rend le problème d'autant plus difficile à résoudre qu'il est chimique : c'est complexe et on ne sait pas tout ! ».

SUEURS FROIDES

Alors, si en plus, le client veut faire des économies... Mais qu'il prenne garde ! S'il veut acheter trop bon marché, il se prépare des sueurs froides. Entre certaines huiles nées du recyclage trop chargées en soufre qui s'attaque aux pièces en bronze ou à base de cuivre et les joints contrefaits aux spécifications matières erronées, il n'y a que l'embarras du choix pour faire d'une petite économie d'achat une grosse dépense maintenance. « On conseille d'utiliser une huile hydraulique dans un circuit hydraulique ! », ironise à ce propos Frédéric Capo, directeur technique de Unil Opal.

En parlant de maintenance, justement ! La vidange est un moment délicat ! Le protocole utilisé consiste souvent à verser un additif détergent dans le réservoir et à faire tourner la machine pendant plusieurs heures, voire quelques jours. L'additif va décoller les résidus et les pollutions diverses et les emme-

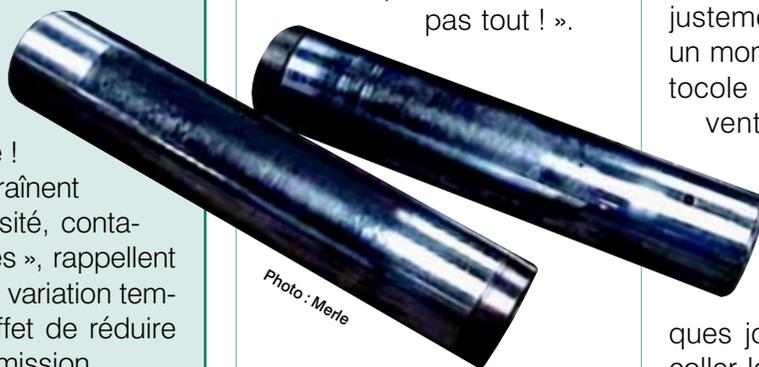


Photo : Merle

ner droit dans les filtres. Gare aux servovalves ! S'il est mal dosé (suivre la notice d'utilisation peut être un plus), le détergent va modifier le fluide plus que de raison et s'attaquer aux élastomères de la machine. « Les produits additivés à l'huile pour maintenir les circuits hydrauliques propres peuvent, selon leur dosage, faire baisser le point d'aniline de l'huile et avoir des conséquences sur la qualité des joints », explique Yves Chausset.

« On ajoute un additif à l'huile directement dans le circuit dans un seul cas : au moment d'une vidange, si l'analyse d'huile détecte la

« La vidange est un moment délicat ! S'il est mal dosé le détergent va modifier le fluide plus que de raison et s'attaquer aux élastomères de la machine »

COMBIEN ÇA COÛTE ?

Bien vérifier les spécifications des produits et les matériaux mis en présence prend un peu de temps, mais peut permettre de réaliser de substantielles économies. Les huiles fortement zinguées (additifs anti-oxydant) en contact permanent avec des pièces en bronze ou alliage de bronze se dégradent progressivement. « Une bague de guidage (palier lisse) d'arbre d'entraînement de pompe à huile s'est ainsi écaillée au niveau de la partie friction au bout de 200 000 km de potentiel », relate Yves Chausset, ingénieur maintenance, expert et médiateur de Coroil. Cela a abouti à la casse d'un moteur de 29 000 euros !

De même, un simple changement d'huile sans vérification de compatibilité a conduit à trois semaines d'arrêt machine et environ 27 500 euros de dépenses. Il est des détails à ne pas négliger !



Photo : Astec

Pierre Guillaume

« ON NE NOUS FACILITE PAS LA TÂCHE ! »

Astec assemble des flexibles pour le 1^{er} équipement depuis 1994. Son PDG et fondateur, Pierre Guillaume, témoigne des difficultés rencontrées par sa profession face aux évolutions rapides et non concertées des matériaux, ainsi que de la rage de vaincre qui la caractérise.

Fluides & Transmissions : *Bon nombre d'applications demandent des fluides très spéciaux qui ont la mauvaise réputation d'être agressifs. Quelles en sont les conséquences sur les flexibles ?*

Pierre Guillaume, PDG de Astec : Les fluides véhiculés ont toujours été un souci pour les fabricants de tuyauteries flexibles. Alors ne parlons pas des cas des fluides inflammables comme les ester-phosphates ou les hydrocarbures chlorés qui nécessitent des matières spéciales, qu'elles soient élastomères, plastomères ou thermoplastiques !

F&T : *Mais vous êtes bien obligés de suivre ces évolutions de produits ! Quelles sont les tendances ?*

P.G. : La profession aborde la compatibilité fluides/flexibles aujourd'hui avec plus d'acuité. Mais les applications sont de plus en plus sévères en regard des performances demandées : pression de service, rayons de courbure, mouvement et surtout températures d'utilisations flirtent avec les limites des matériaux. Or, la formulation des fluides évolue, effectivement, pour des raisons de performances ou de coûts, mais sont tenues secrètes par les pétroliers ! Cela ne nous facilite pas la tâche !

F&T : *Les ajustements nécessaires doivent coûter cher ?*

P.G. : Le développement du produit tuyau + embout tend justement vers une diminution des prix. Il y a une généralisation de la demande de versions compactes (encombrement, poids, rayon de courbure) et une tendance « no-skive », c'est à dire sans dénudage, combinées à l'évolution des élastomères, tant dans leurs propriétés chimiques que mécaniques qu'en termes de volume utilisé. Tout cela pour réduire les coûts... du client.

F&T : *Quels en sont les effets techniques ?*

P.G. : Ces paramètres influent considérablement sur l'homogénéité de l'assemblage. Cela a généré un certain nombre d'incidents ces dernières années, essentiellement dus à des suintements et des fuites. Astec a généralisé les versions compactes précocement, dès 1999, et une campagne intensive de développement et d'essais entre 2000 et 2003 nous a permis d'anticiper ces inconvénients. Nous sommes donc désormais en position favorable sur le marché. Notre exigence : 0 fuite !

formation de dépôts. Mais en aucun cas on ne vend des additifs modifiant les propriétés du fluide », réplique Bertrand Laborde, ingénieur responsable R&D de Igol. Dans un seul cas ? Unil Opal vend pourtant un additif « stop fuite hydraulique », à base d'ester, qui fait gonfler les joints. Il s'utilise si la fuite hydraulique est due à un durcissement du joint. « Là se tient tout le rôle de conseil de la force de vente : ce ne peut-être qu'une solution provisoire en attendant la réparation, le plus rapidement possible », souligne Frédéric Capo, directeur technique de Unil Opal, qui avoue peu de ventes de ce

« Finalement, c'est donc à l'utilisateur de jouer les chefs d'orchestre pour mettre les différents composants au diapason »

produit. « Même pour la vidange, on accompagne l'utilisateur par l'analyse de la viscosité, une spectrophotométrie plasma et un comptage de particules qui fournissent un diagnostic pour une meilleure utilisation du système à l'avenir, notamment dans le choix des filtres, et prendre la décision ou non de mettre un additif permettant de nettoyer le circuit afin de repartir dans des conditions

saines », ajoute Bertrand Laborde. Si l'utilisateur ne se sent pas chouchouté !

TESTS INDISPENSABLES

Le parcours du combattant technique n'est pourtant pas encore terminé. Après la vidange vient le remplissage. Si c'est la même huile, pas de problème... en théorie ! Car les propriétés d'une huile sont normalisées, mais cela n'implique pas que sa formulation soit verrouillée au cours du temps. Donc les propriétés chimiques peuvent être modifiées. Si on profite de la vidange pour changer l'huile (lors d'une remise aux normes, par exemple), une batterie de



Photo : Gates

La robe du tuyau a des boursouffures, conséquence d'une incompatibilité avec le fluide. Celui-ci traverse le tube pour s'accumuler sous la robe. Les gaz dissous dans le système hydraulique sont également une cause de boursouffures.

Forte dégradation du joint de tige en FKM dans son logement baigné dans un milieu fluide type HFC à environ 110°C. La compatibilité avec HFC aurait dû être privilégiée : joint NBR. Surtout si des forces radiales sont exercées sur la tige de vérin.

tests est indispensable car très souvent, il faudra changer les élastomères. C'est fini ? Non. L'huile, au contact de l'air ambiant au niveau du réservoir voit ses propriétés changer au cours du temps. Il faut donc la vérifier régulièrement. « L'une



Photo : Bosch Rexroth

des difficultés réside dans le cahier des charges, qui ne précise pas forcément la composition du fluide, d'autant que l'utilisateur ne connaît pas toujours les différents cas de mises en présence qui vont se présenter à lui. Il faut donc beaucoup

d'expérience pour éviter les problèmes », résume Philippe Gross, responsable Division composant de Hydac. Il s'agit donc d'avoir bien conscience que chaque fournisseur tend à proposer la meilleure solution pour une application donnée, mais est limité par le fait que, pour des raisons de secret de fabrication, chaque métier ne peut, ne veut dévoiler ses secrets aux métiers complémentaires. Finalement, c'est donc à l'utilisateur de jouer les chefs d'orchestre pour mettre les différents composants au diapason. Ce qui demande, en soi, toute une technique ! ■

E.B.