

# Découpe jet d'eau : que peut apporter l'hyperpression ?

## Bénéfices de la technologie jet d'eau

La technologie jet d'eau est l'un des procédés non conventionnels pour les machines-outils qui a connu la croissance la plus rapide au monde au cours de ces 20 dernières années. Au début des années 70, on a développé et mis au point des systèmes de découpe au jet d'eau pure pour découper des matériaux souples tels que le carton ondulé, les joints d'étanchéité en caoutchouc, le plastique, le papier et la mousse. Plus tard, le jet d'eau abrasif a fait son apparition et a commencé à être utilisé pour la découpe de matériaux durs tels que les métaux, la pierre, les composites, le verre et la céramique.

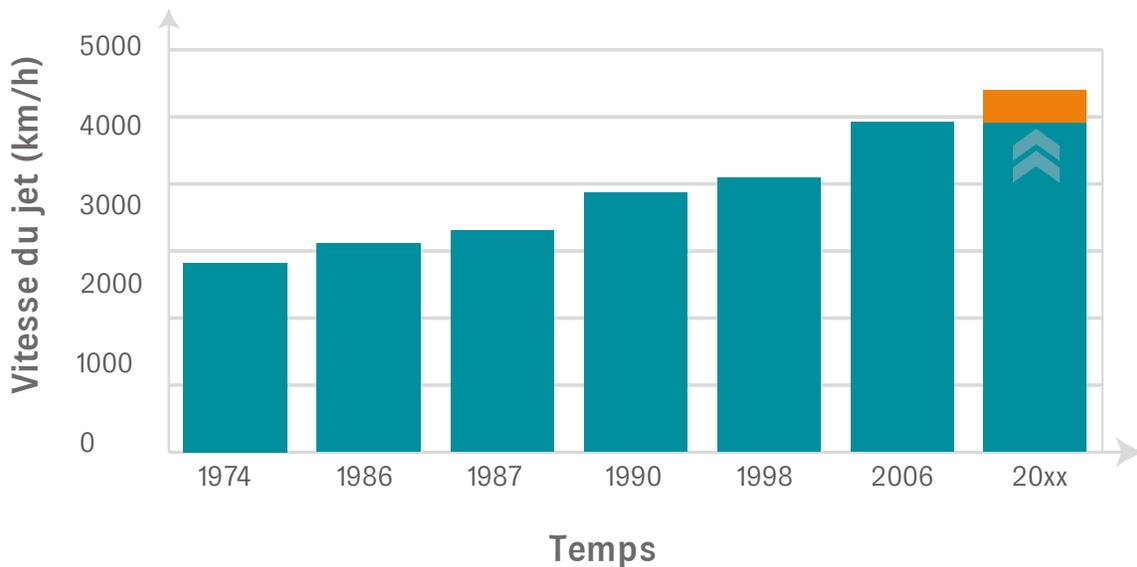
De nombreuses raisons expliquent la popularité rapide et croissante de la technologie de découpe au jet d'eau. C'est tout d'abord un procédé de découpe à froid qui peut découper pratiquement n'importe quel matériau sans contrainte ni chaleur, et donc sans modification de la structure intrinsèque du matériau découpé. Par ailleurs, c'est un procédé qui permet de découper de fortes épaisseurs de matériaux les plus durs tels que le titane ou l'inconel (jusqu'à 30 cm). Enfin, il est très facile à installer et à utiliser. Tous ces avantages permettent aux utilisateurs de produire plus rapidement, en petite ou en grande série et d'accepter les projets les plus complexes de la part de leurs clients.

## Hyperpression vs. Pression normale

Lorsque les machines de découpe jet d'eau à ultra-haute pression ont été commercialisés pour la première fois dans les années 70, les pressions étaient de l'ordre de 2 500 bar. Depuis, la pression a augmenté, passant à 3 800 bar à la fin des années 80, pour atteindre la norme actuelle de 4 150 bar depuis le milieu des années 90. En 2004, Flow International a lancé la pompe HyperJet, d'une capacité de 6 500 bar dans des conditions de fabrication classiques et environnements standard dans l'industrie. Cette innovation a marqué le début de l'ère de la découpe jet d'eau grâce à l'Hyperpression.

L'hyperpression se définit comme une pression supérieure ou égale à 5 100 bar. Avec la découpe au jet d'eau abrasif, ce sont en fait les particules abrasives contenues dans le faisceau du jet d'eau qui érodent le matériau et effectuent la découpe de séparation. L'eau est juste le transporteur et accélérateur d'abrasion. Une pression plus élevée augmente l'énergie cinétique des particules abrasives que l'eau contient. Ainsi, l'eau et l'abrasif se déplacent plus rapidement, le diamètre du jet se réduit, tout en augmentant sa puissance et son efficacité.

Figure 1



Les fabricants ont rapidement découvert que, par rapport aux pompes fonctionnant en moyenne à 4 150 bar, la pompe hyperpression améliorerait considérablement la productivité. Tout comme la hausse de la puissance en watts augmente la productivité de la découpe laser au CO<sub>2</sub>, l'augmentation de la pression améliore considérablement la productivité du système de découpe au jet d'eau.

Cependant, au-delà de l'approche consistant à élever la pression, nombreuses sont les alternatives qui ont été tentées pour améliorer la productivité : augmentation de la puissance, utilisation de têtes multiples, utilisation d'abrasifs très agressifs et optimisation des trajectoires d'outils pour n'en citer que quelques-unes. Parmi ces solutions, seule l'optimisation des trajectoires de l'outil a été probante.

Aujourd'hui, les machines de découpe jet d'eau modernes sont dotées d'un système permettant d'optimiser les trajectoires d'outil, lequel accélère en ligne droite et ralentit sur les formes complexes, afin de réduire les irrégularités causées par le décalage du jet et le temps de cycle de la pièce. Des systèmes plus modernes sont dotés d'un mécanisme de compensation de la conicité du jet : en effet, un poignet articulé fait légèrement basculer la tête de découpe pour compenser la conicité en V produite naturellement par la découpe jet d'eau. Les autres expériences proposées ci-dessus n'ont pas permis de réaliser des bénéfices pour un certain nombre de raisons : L'augmentation de la puissance en chevaux de la pompe permet de découper plus rapidement mais exige aussi une quantité proportionnelle d'abrasif supplémentaire, ce qui augmente les coûts. L'ajout de tête de découpe supplémentaire répartit la puissance entre les têtes, ce qui n'améliore pas le débit et oblige surtout l'opérateur à s'assurer que les deux têtes coupent au même rythme. L'utilisation d'un abrasif plus agressif augmente les coûts d'exploitation en raison du coût élevé de l'abrasif et de l'usure rapide du canon qui est l'orifice d'où sort le mélange eau/abrasif (5 à 10 fois plus vite).

## Pression = Productivité

Le fait d'augmenter la pression améliore l'efficacité. L'augmentation de la pression accroît la vitesse de découpe et réduit de ce fait le coût de découpe. A 4 150 bar, l'abrasif représente plus de la moitié du coût d'exploitation de la machine. En fonctionnement continu et à 6 500 bar, le coût de l'abrasif tombe à moins de la moitié. Le temps de perçage (nécessaire pour percer un trou de départ) est également réduit de façon significative.

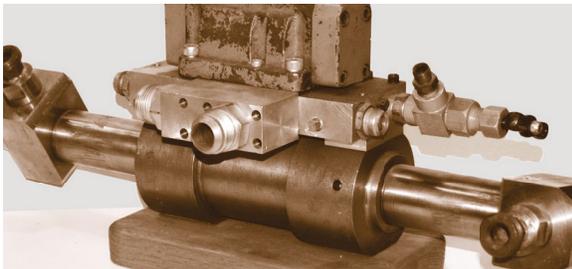
Des temps de cycles plus courts signifient plus de pièces produites à l'heure et plus de productivité quotidienne. Les coûts fixes tels que les locaux, les frais généraux et l'amortissement de l'équipement sont couverts plus rapidement et améliorent donc la rentabilité et le résultat.

Une pression plus élevée permet également d'obtenir des découpes plus précises grâce à un diamètre de flux plus petit. L'entretien est plus simple car la nouvelle pompe est conçue pour un entretien fiable et rapide à l'aide d'un outil spécifique de chargement sous pression à grande vitesse fourni avec celle-ci.

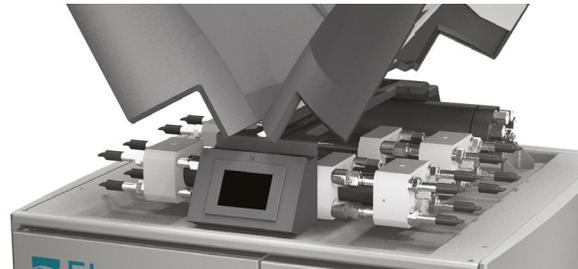
L'énergie du jet d'eau est concentrée sur une zone plus petite, ce qui rend les particules abrasives plus efficaces. En d'autres termes, chaque particule abrasive exerce une érosion plus importante. Cette formule exprime le fait que la puissance augmente en fonction de la pression de service à la puissance 1,5 :

$$E_{da} = KP^{1,5}$$

$E_{da}$  correspond à la puissance  
P est la pression  
K est une constante



*Premier modèle de multiplicateur de pression développé par Flow en 1972 (2 068 bar)*



*Pompe Flow à hyperpression (6 500 bar)*

Les machines de découpe jet d'eau équipées en hyperpression sont idéales pour les environnements de production élevée et lorsque des délais d'exécution rapides sont nécessaires. Elles sont également parfaites pour les applications nécessitant des pièces de précision, car le jet, d'un diamètre plus petit de 25%, permet de découper des angles intérieurs plus complexes - généralement jusqu'à un rayon de 0,4 mm.

## La vitesse est importante

La pression est synonyme de productivité et d'efficacité en raison de la vitesse du jet. Pourquoi en est-il ainsi ? Plus la pression augmente, plus la vitesse du jet est rapide. Une fois que le jet sort de l'orifice, tout est une question de vitesse. Il n'y a plus de pression dans le jet d'eau à la sortie de la tête de découpe ; la pression de l'eau a été convertie en vitesse lorsque l'eau sort de l'orifice. Un jet d'eau plus rapide et plus petit signifie que les particules abrasives se déplacent plus rapidement, qu'elles ont plus d'élan et enlèvent plus de matériau et ce de manière plus radicale. On utilise moins d'abrasif par longueur de coupe car chaque grain peut éroder plus de matériau. L'objectif est de faire en sorte que l'abrasif aille aussi vite que possible. La vitesse du flux est la clé de l'efficacité de la découpe.

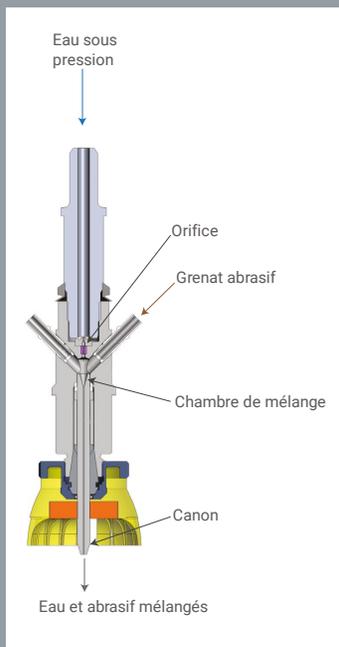
La seule façon d'accélérer le jet d'eau est d'augmenter la pression, et non d'augmenter la puissance.

Cela peut sembler contre-intuitif, mais c'est vrai. Chaque pompe a une pression de service maximale, donc pour bénéficier des avantages d'un jet plus rapide, il faut une pompe conçue pour fonctionner à une pression plus élevée.

## Augmenter la vitesse de l'eau en élevant la pression

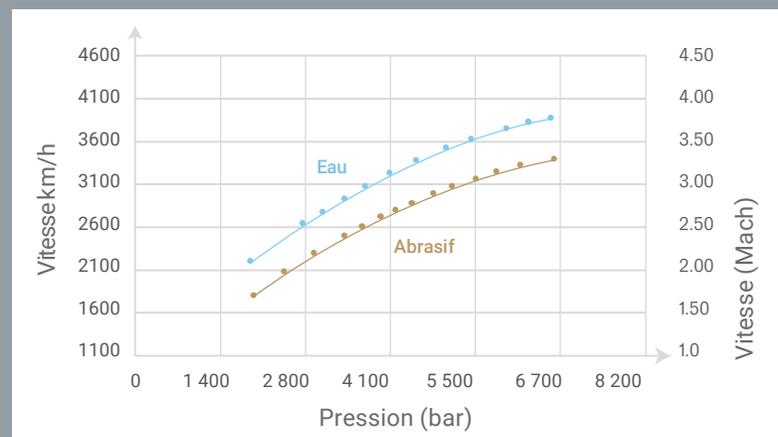
Mohamed Hashish, qui a dirigé l'équipe qui a inventé le jet d'eau abrasif en 1979, a analysé la corrélation entre la vitesse de l'eau et la pression dans de nombreux articles techniques dont il est l'auteur depuis des décennies. Le graphique ci-dessous (figure 5) illustre cette relation clé. L'abrasif est aspiré dans la tête de

Figure 4



découpe à très faible vitesse par un effet venturi (moyen de créer une aspiration), puis il est propulsé dans le tube de mélange par le courant supersonique de l'eau (figure 4). Par conséquent, la vitesse de l'abrasif est déterminée par la vitesse de l'eau. Comme le dit le Dr Hashish, "augmenter la puissance en augmentant la pression et non le débit nous permet de bénéficier d'une vitesse accrue."

Figure 5



Voici un exemple d'amélioration de l'efficacité par la vitesse. La consommation d'abrasif d'une pompe de 4 150 bar de 50 CV est la même que celle d'une pompe hyperpression de 6 500 bar de 100 cv. La différence est qu'avec la pompe hyperpression, le flux - et donc l'abrasif - se déplace beaucoup plus rapidement et coupe environ deux fois plus vite. Cela signifie que l'utilisation de grenat (abrasif) - principal facteur de coût - est réduite de moitié par minute et encore moins par millimètre découpé, rendant le système hyperpression beaucoup plus efficace que celui de la pompe basse pression. Si nous maintenons la puissance constante, la pompe hyperpression utiliserait presque la moitié de la puissance de la pompe à basse pression. La pompe hyperpression utiliserait presque la moitié d'abrasif et couperait à une vitesse légèrement plus rapide que le système à 4 150 bar ce qui démontre encore amélioration notable de son efficacité.

### Coût par pièce, coût de revient

La pompe de 6 500 bar fonctionnant en continu à 6 500 bar devrait fournir des rendements plus élevés que les pompes à plus basse pression. L'hyperpression permet une découpe plus efficace, et cette amélioration de l'efficacité est directement liée à la réduction du coût de la pièce. Les pièces sortent plus rapidement de la machine et utilisent beaucoup moins d'abrasif par longueur de coupe. Ce qui est moins apparent, c'est que la pompe hyperpression est en fait la plus facile et la plus rapide à entretenir, par rapport aux multiplicateurs de pression de 4 150 bar ou aux pompes à entraînement direct.

Les pièces de la pompe hyperpression sont emballés dans une caisse facile à manipuler. Un outil de chargement sous pression permet non seulement une ouverture rapide de la pompe, mais assure également un alignement correct lors du réassemblage. Les matériaux de pointe, la construction fiable et la gamme complète de capteurs de diagnostic permettent d'effectuer la maintenance selon des programmes de maintenance préventive qui maximisent le temps de production et facilitent la programmation de la maintenance. Une telle prédiction des intervalles de maintenance permet aux propriétaires de pompes hyperpression de choisir souvent des contrats de service OEM pour la maintenance.

Aujourd'hui, de plus en plus d'ateliers de fabrication externalisent la maintenance des machines en raison de la difficulté à trouver du personnel de maintenance qualifié, de l'optimisation du temps de fonctionnement de l'équipement et de la tranquillité d'esprit.

### L'avenir du jet d'eau

Les pressions n'ont cessé d'augmenter au cours de l'histoire de la technologie du jet d'eau. On s'attend à ce que cette tendance se poursuive avec une augmentation de 25 à 30 % de la pression des pompes au cours des cinq à dix prochaines années. La vitesse du jet d'eau augmentera en conséquence, améliorant encore l'efficacité de la découpe.

Il y aura également une nette distinction entre les systèmes conçus pour une productivité plus élevée et ceux conçus pour une productivité plus faible. La pression jouera un rôle important dans cette répartition. Étant donné que 80 % des fabricants auront besoin d'une productivité plus

élevée - et surtout d'une plus grande efficacité - pour rester compétitifs, la prolifération des systèmes l'hyperpression continuera de se développer.

### **A propos de Flow International**

Flow International Corporation est une société industrielle internationale fondée sur la technologie, qui s'engage à fournir une expérience client de classe mondiale. La société offre un leadership technologique et des performances exceptionnelles en matière de machines de découpe jet d'eau à une clientèle très diversifiée. Flow International profite à de nombreuses applications de découpe et de préparation de surface, fournit des solutions rentables et offre des opportunités de croissance dynamique à ses clients.