



## QU'Y A-T-IL DANS UN SPRAY?

**Les quatre formes  
de base de la  
pulvérisation de base  
et les caractéristiques  
de la pulvérisation.**

APPELER : +33 (0) 800 94 04 64

# Qu'y a-t-il dans un spray ?

Comme un de mes collègues se plaît à le dire, les buses de pulvérisation ne font que "projeter de l'eau". Bien que cette description soit certainement correcte dans les faits, il y a un peu plus à l'oeuvre que ce que l'on pourrait penser à première vue. En fait, il existe de nombreuses façons de projeter de l'eau. La façon dont elle est projetée affecte grandement les propriétés du spray produit, ce qui peut avoir un impact considérable sur l'efficacité de l'application de la pulvérisation.

Dans cet article, nous explorons certaines des caractéristiques de base des pulvérisations et la façon dont le choix de la buse les affecte. Il ne s'agit pas d'un guide exhaustif de la dynamique des pulvérisations, car cela remplirait plusieurs gros volumes, mais simplement d'une introduction permettant à un non-spécialiste de s'engager dans une conversation significative avec un fabricant expert de systèmes de pulvérisation.

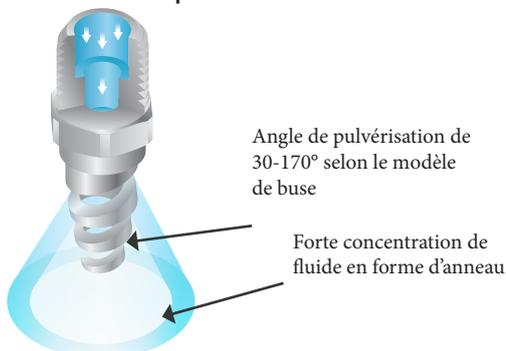
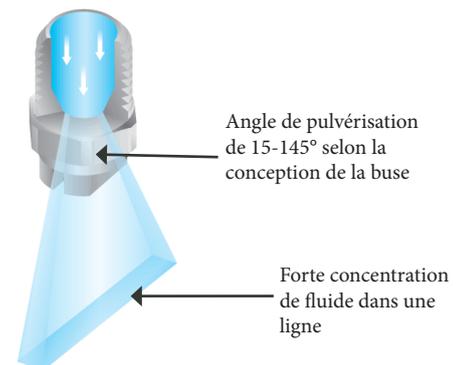
## Les formes de jet de base

Il existe 4 types de pulvérisation de base dans lesquels l'eau peut être "projetée".

### Le Jet Plat

Le liquide est pulvérisé en jet linéaire de fluide en forme d'éventail. Celle-ci peut être composée de gouttelettes ou d'un flux constant d'eau plus ou moins cohérente comme une cascade. Les jets plats peuvent avoir un angle de pulvérisation (angle de l'éventail pulvérisé) compris entre 15 et 145 degrés selon la conception de la buse.

Les jets plats peuvent être formés par un orifice de forme simple ou par la déflexion d'un jet sur une surface de déviation profilée.



### Cône Creux

Le liquide est brisé en gouttelettes qui sont fortement concentrées sur les bords du cône de pulvérisation produit. L'angle de pulvérisation de ce cône peut varier de 30 à 170 degrés selon la conception de la buse.

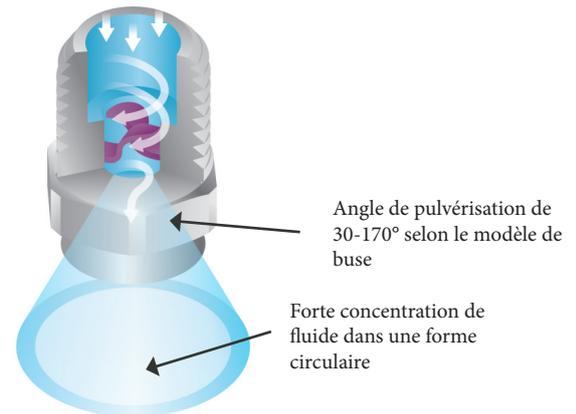
Les formes de cônes creux peuvent être formées par trois modèles de buses de base :

- La conception à **tourbillon axial** des buses où les veines internes font tourbillonner le fluide avant sa sortie de l'orifice ;
- Les buses à **tourbillon tangentiel** où le fluide est mis en mouvement tourbillonnaire en ayant l'orifice de sortie décentré du centre et perpendiculaire au tuyau d'alimentation ;
- Buse de conception **spirale** où le fluide est impacté sur une forme de spirale saillante qui le brise.

### Cône Plein

Dans une buse à cône plein, le liquide est brisé en gouttelettes qui sont concentrées de manière plus ou moins égale dans le cône de pulvérisation produit. Là encore, ce cône peut varier de 30 à 170 degrés selon la conception de la buse.

Les cônes pleins peuvent être formés par des buses à tourbillon axial et tangentiel ainsi que par des buses à déflexion spirale.



### Jet Plein

Un simple jet de fluide focalisé qui ne comporte pas de véritables gouttelettes. Un jet solide sera formé en forçant le fluide à travers un orifice façonné qui concentre l'eau en un jet.

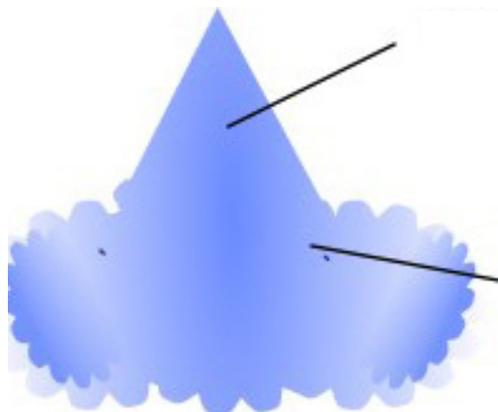
Un autre modèle, qui n'est pas un vrai modèle en soi, devrait également être inclus dans toute discussion sur les sprays :

### Brumisation/brouillard

Ils produisent un brouillard ou une brume homogène avec peu ou pas d'impact. Le spray commence par être un cône plein ou creux, mais à une très courte distance de l'orifice de la buse, le motif perd sa cohérence et forme un brouillard ou une brume.

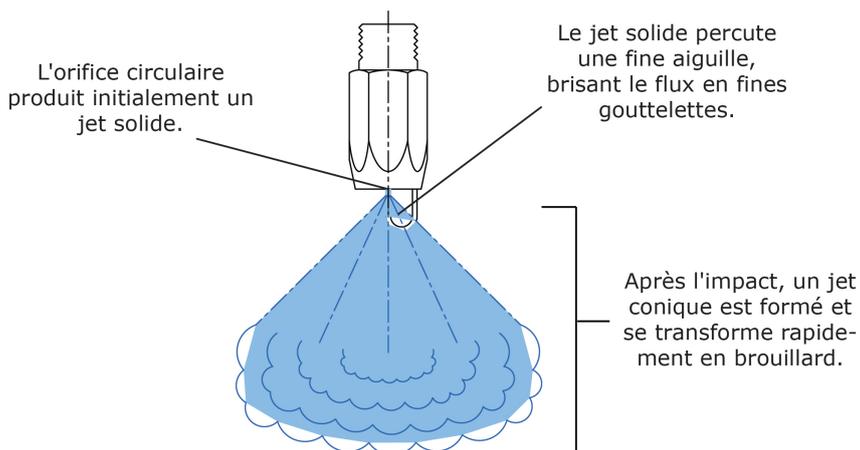
Forme initiale en cône creux ou plein

De nombreuses buses à cône plein ou creux finissent par former un brouillard si elles sont pulvérisées à des pressions suffisantes. Mais il existe deux modèles de buses qui cherchent à obtenir délibérément un brouillard.



La forme se transforme en un véritable brouillard ou une brume à une courte distance de l'orifice de la buse

- **La buse à petit orifice** fonctionne à des pressions élevées et pousse le fluide à travers une très petite ouverture pour le cisailier en un brouillard.
- **La buse à brumisation par impact** projette un jet de fluide sur une aiguille située directement sous l'orifice. Le fluide est ainsi littéralement fragmenté en un brouillard.



**Buse à brumisation par impact**

## Les 5 caractéristiques essentielles d'un spray

Les types de pulvérisation de base ci-dessus, à l'exception de la brumisation, permettent de calculer la surface à pulvériser par simple trigonométrie. Ce calcul, ainsi que les données sur les débits à des pressions données, constituent le point de départ de la conception du système de pulvérisation. Ces détails de base sur la couverture et le dosage ne disent cependant pas grand-chose sur la consistance et la nature de la pulvérisation. Nous examinons ci-dessous les 5 caractéristiques critiques d'une pulvérisation, pourquoi elles sont importantes et quels facteurs les affectent.

### Caractéristique 1: Débit

Toute buse produira un certain débit à une pression différentielle donnée. La pression différentielle est la différence entre la pression du fluide dans le tuyau juste avant la sortie et la pression du récipient dans lequel il est pulvérisé. Il est donc important de compenser les pertes par frottement et si le fluide est pulvérisé dans un récipient sous pression.

Le débit d'une buse donnée peut être calculé par la formule suivante :

$$Q = K(P)^n$$

Q = Débit

K = Coefficient K de la buse

P = Différence de pression à la buse

n = est une constante qui dépend du type de jet.

Le coefficient K est une constante unique pour cette buse particulière qui doit être listé dans le tableau des données de la buse.

Pour de nombreuses buses,  $n = 0,5$ , ce qui signifie que le devis devient simplement :

$$Q = K\sqrt{P}$$

Cette valeur est couramment utilisée pour s'appliquer à toutes les buses, mais elle est en fait erronée pour certaines d'entre elles. En particulier, les buses à cône plein non spiralées et les buses à cône plein grand angle auront un exposant n de 0,46 ou 0,44.

Un autre conseil est de s'assurer que le coefficient K est dans les bonnes unités. Bien qu'il s'agisse techniquement d'une constante sans unité, cela dépend de l'utilisation d'unités métriques ou impériales pour P et Q. Il existe un coefficient K métrique et un coefficient K impérial pour chaque buse. Il faut donc faire preuve de prudence lorsqu'on lit les coefficients K sur les fiches techniques, c'est-à-dire qu'il faut vérifier si le coefficient K est en unités métriques ou impériales.

### La gravité spécifique (SG)

Si le fluide est plus lourd ou plus léger que l'eau, il faut également en tenir compte dans le calcul des débits. Les fluides plus lourds auront un débit plus faible que l'eau et vice versa.

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \sqrt{\frac{SG_1}{SG_2}}$$

Q1 = Débit du fluide de SG1

Q2 = Débit du fluide de SG2

Lorsque l'on utilise les tableaux de débit des buses qui indiquent les débits d'eau, on peut obtenir les débits pour différents fluides en réarrangeant l'équation ci-dessus et en fixant SG1 à 1 (pour l'eau) et en utilisant le débit Q1 du tableau.

$$Q_2 = Q_1 \sqrt{\frac{1}{SG_2}}$$

Ce qu'il est intéressant de noter, c'est que les fluides plus lourds que l'eau pulvériseront un volume moindre de fluide à travers un spray, mais le poids du spray sera toujours plus lourd. Ceci est illustré par l'équation ci-dessus, car le débit (volume) est réduit par un coefficient de 1/racine SG, alors que le poids du fluide pulvérisé sera évidemment augmenté par un coefficient de SG2.

## Caractéristique 2: Taille de gouttelette

### Pourquoi est-ce important?

La taille moyenne des gouttelettes est en fait une mesure de la surface globale du fluide pulvérisé. Plus la taille des gouttelettes est petite, plus la surface de contact des gouttelettes du spray est grande pour un volume donné de fluide. Si l'on divise par deux la taille moyenne des gouttelettes d'un spray donné, la surface du spray double. Si on la divise par quatre, elle quadruple et ainsi de suite.

La surface d'une pulvérisation est une approximation raisonnable de sa réactivité globale. Par réactivité, on entend sa capacité à produire une réaction chimique ou sa capacité à absorber ou à dissiper la chaleur. Ainsi, dans les applications de transfert de chaleur et de réaction chimique, la taille des gouttelettes est l'un des éléments les plus importants pour déterminer l'efficacité du spray.

La taille des gouttelettes peut également être importante lorsqu'on considère l'entraînement global d'un fluide dans un flux gazeux. Les petites gouttelettes seront entraînées plus rapidement dans un flux en mouvement et si le jet est trop fin, cela peut surcharger les éliminateurs de brouillard. Si l'on travaille dans des conditions venteuses, les pulvérisations les plus fines risquent d'être soufflées hors de leur cible, d'où l'importance de bien comprendre la taille des gouttelettes.

## Qu'est-ce qui affecte la taille des gouttelettes ?

### La pression

Une règle simple qui s'applique à toutes les buses est que plus la pression du fluide est élevée, plus la taille des gouttelettes est petite. Pour une buse hydraulique donnée, la relation entre la pression et la taille moyenne des gouttelettes peut être exprimée de la manière suivante :

$$\frac{D1}{D2} = \left( \frac{P1}{P2} \right)^{-0.3}$$

Où D est la taille moyenne des gouttelettes à la pression 1(P1) et à la pression 2(P2). Cela donne une relation approximative pour comparer la taille des gouttelettes pour une buse donnée, mais il n'y a pas de relation mathématique facile pour une buse générique, car la taille des gouttelettes dépend grandement de la conception de la buse :

### Forme du spray

Il est assez évident que les pulvérisations à jet plein ne comportent pas vraiment de gouttelettes. Les formes de jets plats peuvent former des feuilles de liquide sans grande atomisation ou peuvent produire des pulvérisations grossières. Les buses à cône plein produisent le niveau d'atomisation suivant, les buses à cône creux produisant les plus petites gouttelettes. Il convient de noter que de nombreux facteurs affectent la taille des gouttelettes, mais que tous les autres éléments étant égaux, les règles ci-dessus sont généralement valables.

### Angle de pulvérisation

Très simplement, pour un débit donné, plus l'angle de pulvérisation est large, plus la taille des gouttelettes sera petite. Il est facile de comprendre pourquoi - les pulvérisations à grand angle ont simplement plus d'espace pour distribuer les gouttelettes, ce qui réduit les risques d'agglomération et augmente les possibilités d'atomisation.

### Conception de buse

La conception de la buse de pulvérisation aura évidemment une incidence sur la forme de spray (jet plat, cône creux, etc.), ce qui aura une incidence sur la taille des gouttelettes, comme nous l'avons vu plus haut, mais même en restant à l'intérieur d'un type de forme de spray, il existe des variations dans les niveaux d'atomisation. Par exemple, la buse à spirale produit un jet à cône plein qui, pour une pression, un débit et un angle de pulvérisation donnés, produit des gouttelettes plus petites qu'une buse à tourbillon axial. La façon dont les différentes conceptions de buse affectent la taille des gouttelettes peut être complexe et tous les détails ne peuvent être couverts ici, mais il faut garder à l'esprit qu'un changement de type de conception de buse peut modifier la consistance de pulvérisations apparemment identiques.

### La gravité spécifique du fluide

La gravité spécifique d'un fluide affecte le débit global atteint par la buse et donc la taille des gouttelettes. Pour une pression donnée, plus la gravité spécifique est élevée, plus le débit est faible, et donc plus la taille moyenne des gouttelettes est faible. Nous avons un logiciel qui peut calculer ces effets, nous vous conseillons donc de nous appeler. Mais la formule généralement acceptée est la suivante :

$$D_f = D_w SG^{0.3}$$

$D_f$  = la taille de gouttelette pour le fluide concerné  
 $D_w$  = la taille de gouttelette pour l'eau pour cette buse spécifique  
 $SG$  = gravité spécifique du fluide

Comme la gravité spécifique est souvent très proche de 1 et que l'exposant est de 0,3, l'effet de ce facteur est généralement très faible.

### Viscosité et tension superficielle

Les fluides dont la viscosité est supérieure à celle de l'eau auront des tailles de gouttelettes moyennes plus élevées pour un débit et une pression donnés. De même, les fluides ayant une tension superficielle plus élevée formeront des gouttelettes plus grosses. L'interaction entre les propriétés mécaniques des fluides peut devenir complexe, mais il existe des logiciels permettant de calculer la taille des gouttelettes si les propriétés de base sont renseignées. Nous vous conseillons de vous adresser à l'un de nos experts afin d'obtenir des estimations des effets de la viscosité et de la tension superficielle sur la taille des gouttelettes. Mais là encore, la formule généralement acceptée est la suivante :

$$D_f = D_w V_f^{0.2}$$

$D_f$  = taille de gouttelette modifiée pour le fluide en question  
 $D_w$  = taille des gouttelettes calculée pour l'eau  
 $V_f$  = la viscosité du fluide (viscosité en centipoises ; eau = 1,0 cP)

Au début, il semblerait que l'exposant de 0,2 indique que la viscosité a un effet moindre que la gravité spécifique, mais il faut se rappeler que les fluides peuvent avoir une viscosité 1000 fois supérieure à celle de l'eau et rester des fluides, alors que même un fluide super lourd comme le mercure n'a qu'une SG de 13.

Une équation et une relation similaires existent pour la tension superficielle :

$$D_f = D_w \left[ \frac{S_t}{73} \right]^{0.5}$$

Où  $S_t$  est la tension de surface du fluide en Dynes/cm, l'eau ayant une tension de surface de 73 Dynes/cm à 20 degrés C.

Veillez noter que certains manuels ne s'accordent pas sur l'exposant de l'équation de la viscosité et de la tension superficielle.

### Caractéristique 3: Impact et portée

#### Pourquoi est-ce important ?

Pour des applications comme le nettoyage, il est assez évident que l'impact d'un spray est une caractéristique importante. Pour d'autres applications, il peut être important de s'assurer que le jet a une portée suffisante pour atteindre sa cible ou qu'il est suffisamment bien réparti. En cas de pulvérisation dans un flux de gaz ou dans des conditions venteuses, il est important de connaître l'impulsion globale du jet, car la dérive du jet peut faire manquer la cible, contaminer d'autres zones ou réduire considérablement l'efficacité.

#### Qu'est-ce qui affecte l'impact ?

##### La pression, le débit et le type de pulvérisation

Il est évident que plus le débit est élevé, plus l'impact/élan du jet sera important. Mais augmenter la pression pour augmenter l'impact sera moins efficace dans certaines buses. Si la buse est très efficace pour atomiser le jet (par exemple une buse de brumisation de type à impact/impingement), l'augmentation de la pression servira à atomiser le jet en fines gouttelettes. Celles-ci auront intrinsèquement moins d'élan et, par conséquent, même avec un débit accru, l'impact global et la projection du jet ne seront guère affectés. À l'opposé du spectre, on trouve une buse à jet plein.

Dans ce cas, une augmentation de la pression se traduit par une augmentation du débit à une vitesse plus élevée, sans modification de l'atomisation. En conséquence,

l'impact et la projection augmenteront en fonction de la pression.

L'augmentation de la pression du fluide augmente l'énergie interne globale du fluide. La part de cette augmentation d'énergie utilisée pour atomiser le jet et celle utilisée pour augmenter la vitesse et l'impact dépendent en grande partie de la buse utilisée. En règle générale, les buses à jet plein sont les plus efficaces pour transférer l'énergie en énergie cinétique, suivies des jets plats, des cônes creux et des buses à cône plein. Il convient de noter que les buses sont souvent présentées comme étant très efficaces sur le plan énergétique. Cela signifie souvent qu'elles sont très efficaces dans l'utilisation de l'énergie interne du fluide pour atomiser le fluide et qu'à cet égard, elles sont très inefficaces dans le transfert d'énergie.

## Caractéristique 4: Couverture réelle vs couverture théorique

### Pourquoi est-ce important ?

Souvent, seule une zone spécifique doit être ciblée par une pulvérisation et il est donc nécessaire de calculer la forme du spray globale. La forme théorique calculé par la trigonométrie de base sera souvent différent de ce qui se passe dans la réalité.

### Facteurs à prendre en compte

#### Les effets du vent et du flux de gaz

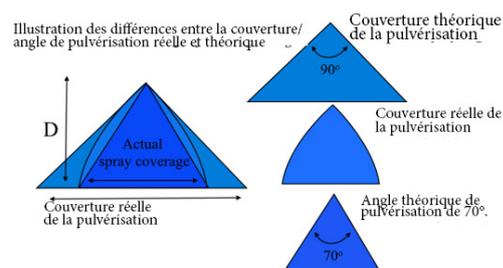
Ils affecteront clairement le modèle résultant. La quantité de dérive qui se produira dépendra de la taille des gouttelettes, de la vitesse du spray et, bien sûr, de la direction du spray. Cela peut être difficile à calculer, mais la plupart des fabricants de buses disposent d'un logiciel qui peut au moins fournir une approximation du modèle résultant.

#### Les effets de la gravité

Les cônes et les jets géométriques idéalisés ne tiennent que jusqu'à une certaine distance de l'orifice. La durée du jet dépend de la buse utilisée, des débits et de la pression, mais à partir d'une certaine distance, la gravité commence à infléchir le jet, ce qui réduit la surface d'impact par rapport au jet théorique. Là encore, le calcul peut être difficile et un logiciel spécialisé peut être utilisé pour obtenir des chiffres de couverture vraiment précis.

### Pression

Certaines buses maintiennent un angle de pulvérisation constant quelle que soit la pression. D'autres ont un profil qui varie avec la pression. En particulier, les buses à tourbillon tangential augmentent leur angle de pulvérisation lorsque la pression augmente. En effet, elles fonctionnent en formant un tourbillon de liquide à l'intérieur de la buse qui est ensuite éjecté par les forces centrifuges dans un cône creux. Lorsque la pression augmente, les forces centrifuges augmentent, ce qui réduit la taille des gouttelettes mais augmente l'angle



de dispersion. À l'inverse, une buse à cône creux de conception spirale produira plus ou moins le même angle de pulvérisation quelle que soit la pression, car elle fonctionne en cisillant le fluide en gouttelettes par impact sur la forme spiralée.

### **Viscosité**

La viscosité d'un fluide peut affecter l'angle de pulvérisation produit. Les fluides qui sont moins visqueux que l'eau auront tendance à avoir un angle plus large et vice versa. L'effet est généralement faible, mais il vaut la peine de le vérifier si une pulvérisation précise est nécessaire. Nous disposons d'un logiciel qui peut calculer cet effet si nécessaire.

### **La gravité spécifique**

Comme indiqué ci-dessus dans la section sur les débits, la gravité spécifique d'un fluide affecte le débit global à travers la buse. Les fluides plus lourds ont un débit réduit mais le poids total du spray sera augmenté pour une pression donnée. Cela signifie que le modèle théorique tiendra mieux car le spray a plus d'élan. On peut également considérer que le jet est constitué de gouttelettes plus grosses et que l'énergie utilisée pour atomiser le jet est moindre.

## **Caractéristique 5: Distribution de liquide**

La zone globale de la forme de spray produite n'est généralement pas complètement uniforme. Certaines buses produisent des motifs plus réguliers que d'autres. Ainsi, par exemple, tous les motifs à cône plein d'un mètre de diamètre n'auront pas la même répartition du liquide, même si le débit global est identique.

### **Pourquoi est-ce important ?**

Pour des applications telles que le revêtement ou l'humidification, toute zone localisée de moindre importance où la répartition du liquide est plus élevée peut entraîner des problèmes. Ces types d'applications nécessitent une répartition uniforme du spray. À l'inverse, certaines applications peuvent nécessiter des schémas de distribution délibérément irréguliers. Par exemple, dans les applications de lutte contre les incendies, la présence de concentrations plus importantes de liquide dans certaines parties du jet global permet de donner de l'élan au spray, ce qui aide à pénétrer les courants thermiques et à délivrer au feu les plus petites gouttelettes plus légères situées dans d'autres parties de la forme.

### **Qu'est-ce qui affecte la répartition du liquide ?**

Tout dépend essentiellement de la conception de la buse. Comme nous l'avons mentionné plus haut, toutes les buses ne produisent pas la même répartition du liquide, même si leur schéma de pulvérisation théorique est identique. Voici quelques règles générales que l'on peut appliquer :

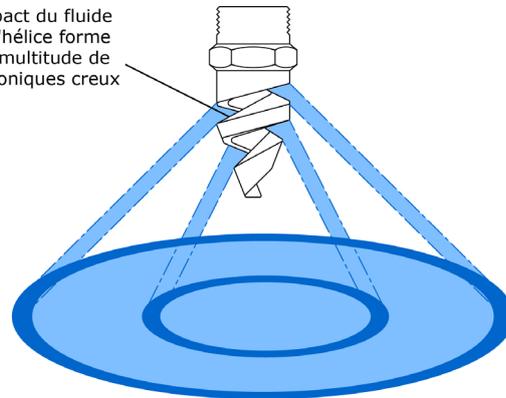
- Les buses spirale produiront des anneaux concentriques de pulvérisation qui font leur forme conique complète, ce qui donne des anneaux de concentration.
- Les buses à tourbillon tangentiel peuvent être configurées pour produire des cônes

creux larges ou minces, selon la conception.

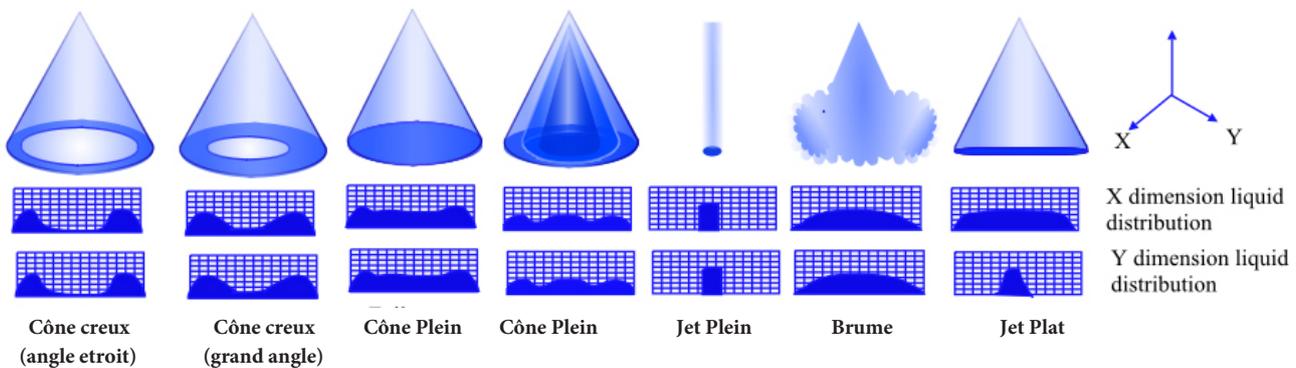
- Les buses à jet plat produisent une bande de pulvérisation mais celle-ci se rétrécit à chaque extrémité, ce qui signifie qu'un certain chevauchement peut être nécessaire pour former un jet uniforme.

- Plus l'angle de pulvérisation est étroit, plus le liquide sera uniformément réparti. Il y a moins de possibilités pour le liquide de s'étaler et de former des zones localisées de plus forte concentration.

L'impact du fluide sur l'hélice forme une multitude de jets coniques creux



Les cônes creux se recouvrent pour former un jet conique plein

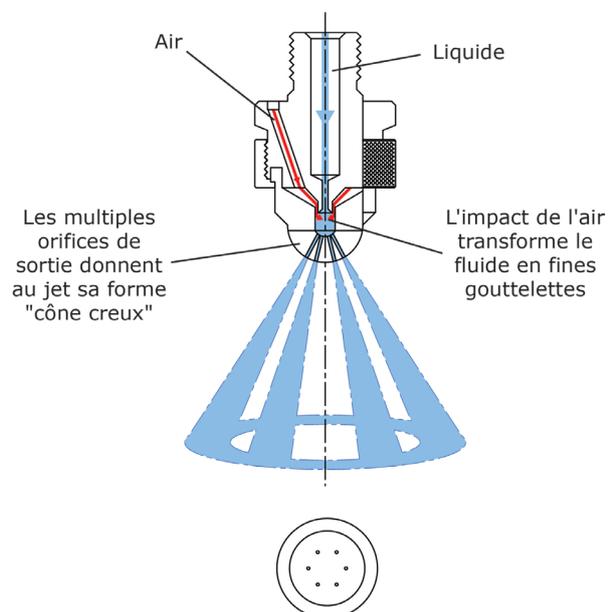


**Distributions de liquide pour une variété de jets différents**

## Notes pour les buses pneumatiques / à pulvérisation d'air

Jusqu'à présent, la discussion s'est limitée aux buses hydrauliques. Les buses hydrauliques s'appuient entièrement sur l'énergie interne du fluide à pulvériser pour le diviser en gouttelettes et former le spray. Les buses pneumatique (à pulvérisation d'air), quant à elles, projettent de l'air comprimé sur le fluide pour le fragmenter et produire la forme.

L'introduction d'une source d'énergie secondaire dans le système change complètement les règles décrites ci-dessus.



## Taille des gouttelettes

Le niveau d'atomisation n'est plus principalement fonction de la pression du liquide et du type de modèle (bien que ceux-ci aient encore un certain effet). Il dépend plutôt presque entièrement de la quantité d'air utilisée. Plus la pression et le débit d'air sont élevés, plus les gouttelettes seront petites. Cela signifie que même des débits très faibles à de faibles pressions de liquide peuvent être finement atomisés.

## Impact et portée

Les buses de pulvérisation à air produisent toujours de très fines gouttelettes et ont donc un faible impact, mais la portée de ces fines pulvérisations peut être considérablement améliorée par la présence d'air. Les buses de brumisation hydrauliques ont utilisé la majeure partie de l'énergie interne du fluide pulvérisé pour le décomposer, ce qui ne permet pas de projeter le fluide vers l'avant. Cela signifie que les fines pulvérisations des buses hydrauliques auront une très faible projection vers l'avant avant d'être à la merci des courants d'air. Ce n'est pas le cas avec les buses à pulvérisation d'air. L'air comprimé de ces buses peut être utilisé pour aider à projeter un jet très fin sur plusieurs mètres.

## Distribution du liquide

Comme les buses à pulvérisation d'air produisent des gouttelettes très fines, la distribution du liquide est généralement très régulière (voir ci-dessus). En outre, c'est l'air qui est utilisé pour former le jet, et non les forces centrifuges d'une buse hydraulique. Cela signifie qu'il y a beaucoup moins de possibilités pour les grosses gouttelettes de se concentrer dans les anneaux centrifuges.

## Conclusions

L'eau peut, semble-t-il, être "projetée" de différentes manières. En effet, les fabricants de buses de pulvérisation peuvent se vanter d'avoir des catalogues contenant littéralement des dizaines de milliers de buses différentes. La plupart d'entre elles sont des variations des modèles de base présentés ci-dessus, mais il n'en reste pas moins que trouver la buse correcte pour produire un spray ayant les caractéristiques optimales pour votre procédé n'est pas une tâche simple.

Il est peu probable que ce bref article permette au lecteur de prendre une décision totalement informée sur le choix de la buse qui produira le jet précis requis pour un processus donné. Il permettra toutefois d'entamer une conversation fructueuse avec un fabricant spécialisé. Les bons fabricants de buses disposeront d'un logiciel permettant de calculer rapidement la taille des gouttes, leur impact et leur portée pour leur gamme de produits. Cet article devrait donc au moins permettre au lecteur d'apprécier les informations dont un fournisseur aura besoin pour effectuer les calculs nécessaires. Il devrait également donner au lecteur suffisamment d'informations pour détecter ceux qui ont, comment dire, une compréhension "moins que parfaite" de leur produit.

**Ivan Zytynski**  
**Spray Nozzle People**  
**2021**