

**LE SYSTEME DE VIDE D'UNE MACHINE A PAPIER :
principe de base, équipements et types**



Juha KARVINEN

INTRODUCTION

Nous souhaitons présenter ici les systèmes de vide et leurs équipements que l'on trouve couramment sur les machines à papier et à carton.

Par équipement, nous entendons la tuyauterie, les pompes et autres, mais nous excluons les éléments de vide tels que les rouleaux aspirants et les caisses de vide. Nous présentons ici les solutions possibles pour la plupart des problèmes ou des besoins en vide exprimés.

J'ai travaillé en tant que concepteur de système de vide puis ingénieur de terrain spécialisé en recherche de défauts et en optimisation depuis 1987.

Cette présentation comprend donc de nombreuses expériences et observations venant du terrain. Chaque machine à papier et son système de vide sont uniques mais le principe du vide sur une machine à papier se base sur des règles physiques simples. Tous les problèmes portant sur de l'équipement de vide peuvent être résolus.

J'espère que cette information sera utile aux papetiers dans leur activité journalière.

Juha Karvinen

CONTENU

1.	TUYAUTERIES DE VIDE	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
1.1	PERTE DE PRESSION.....	3
2.	SEPARATEURS D'EAU.....	4
3.	TUYAUTERIES DE COLONNES D'EAU ET POMPES D'EXTRACTION	6
3.1	POMPES D'EXTRACTION	7
4.	POMPES A VIDE ET SOUFFLANTES.....	8
4.1	POMPES A ANNEAU LIQUIDE.....	8
4.2	LES SOUFFLANTES CENTRIFUGES	10
4.2.1	LES VENTILATEURS CLASSIQUES.....	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
4.2.2	LES TURBO BLOWERS	11
4.2.3	LES SOUFFLANTES MULTI-ETAGES.....	12
5.	CONTROLE ET MESURE DU SYSTEME DE VIDE	13
6.	LA PRESSION DU SYSTEME DE VIDE.....	16
6.1	PRESSION DE RETOUR.....	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
6.2	SEPARATION D'EAU A LA SORTIE	16
6.3	NOTE CONCERNANT LE SILENCIEUX.....	16

1. TUYAUTERIE DE VIDE

Les flux en provenance d'une machine à papier contiennent de l'air, de l'eau et quelques matières solides. Il s'agit habituellement d'un flux en deux phases. Des niveaux de vide relativement élevés et un flux en deux phases vont générer un besoin spécifique pour la tuyauterie.

1.1 Les pertes de pression

La perte de pression dans la tuyauterie de vide doit être proche de zéro. Une bonne tuyauterie crée des pertes de 0 à 2 kPa.

La table suivante présente un exemple d'une mauvaise tuyauterie :

Tableau 1

Pump pos	service	vacuum pump	flow pump	power pump	vacuum PM	flow PM	efficiency pump	efficiency vac system	bleed kg/s
		kPa	m3/s	kW	kPa	m3/s	%	%	
1 (½)	wet suction boxes	70	1,4	148,5	6	0,4	33	2	0,0
1 (½)	couch roll	47	1,4	148,5	30	1,0	31	17	0,0

L'efficacité normale d'une pompe devrait se situer entre 30 à 60%. Lorsque le contrôle du vide se fait à l'aide d'une vanne d'étranglement ou à l'aide de casse-vide, l'efficacité du système devient alors très médiocre. Dans le tableau 1 les "caisses humides aspirantes" sont contrôlées à l'aide de vannes d'étranglement. L'efficacité du système n'est que de 2%!

Le cylindre aspirant de toile présente souvent des pertes de tuyauterie. Une tuyauterie restrictive peut détruire 50% de la puissance du fluide.

Ce type de cas est relativement commun dans le système de vide.

Formule d'une perte de pression:

$$\Delta p = \zeta * \rho * v^2 / 2 \quad (\zeta = \text{friction de tuyauterie}, \rho = \text{densité}, v = \text{vitesse du débit})$$

Note: la vitesse du débit est au carré.

Afin d'éviter des pertes de pression, la vitesse ne devrait jamais être supérieure à 20-25 m/s. La tuyauterie doit être réalisée avec des coudes standards. Si des coudes standards lisses ne peuvent pas être utilisés, la vitesse du débit va se situer en-dessous de 20 m/s.

La densité de l'eau est d'environ 1000 fois celle de l'air. Pour les positions où il y a beaucoup d'eau, il faut utiliser des tuyauteries de diamètre plus grand.

Elements de vide où l'on est habituellement en présence d'un flux d'eau important :

- Caisses aspirantes de toile
- Caisses aspirantes de feutre
- Rouleaux aspirants sur certains presse-pâte

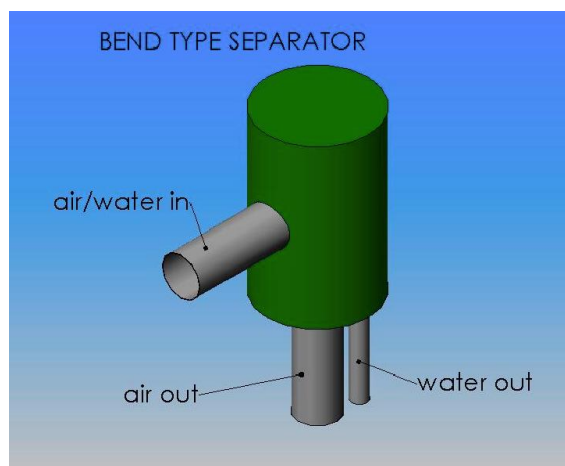
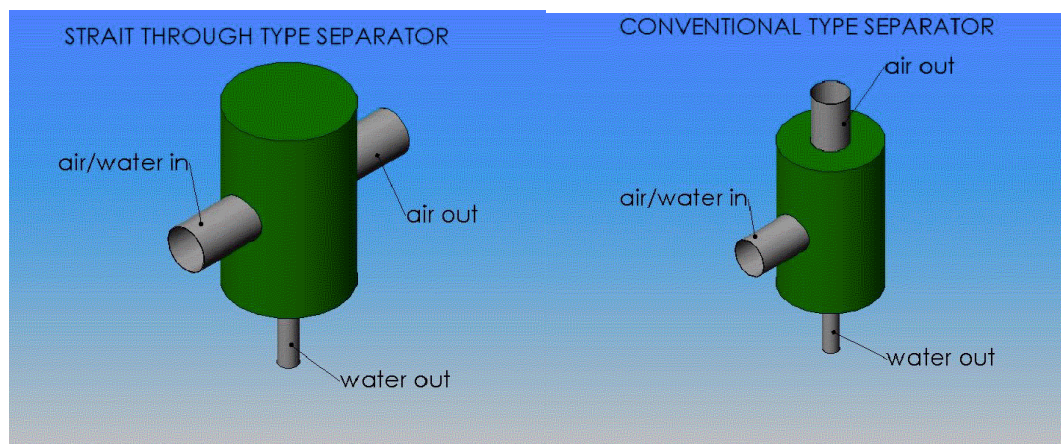
2. SEPARATEURS AIR/EAU

Les séparateurs air/eau séparent l'eau de l'air dans le système de vide. Ils sont basés sur le ralentissement du débit du fluide, sur le principe du cyclone et sur l'adhérence de gouttelettes sur les pales ou les grilles.

En pratique nous avons trouvé que la séparation est appropriée pour les pompes à anneau liquide lorsque la vitesse de l'air dans le séparateur est ralentie à moins de 2 m/s (air sous vide). Selon le principe de fonctionnement, la vitesse de l'air dans un séparateur à gouttelettes peut être plus élevée. Si la séparation est défectueuse, l'eau est transportée par le débit d'air. Par contre, après une séparation efficace, il n'y a plus d'eau visible dans le courant d'air.

L'illustration montre le principe du cyclone pour les séparateurs air/eau pour pompe à anneaux d'eau

Illustration 1 Séparateurs air/eau Ecopump



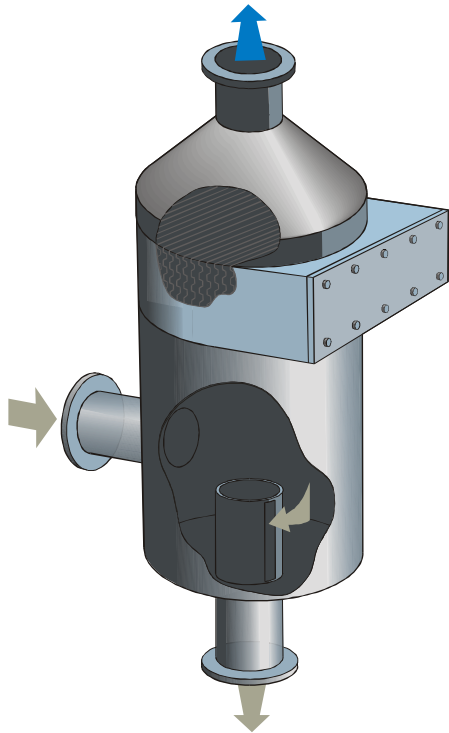
Si le système de vide est composé de soufflantes ou de turbo blowers, la séparation est alors habituellement meilleure qu'avec des pompes à anneau d'eau. Les soufflantes ne tolèrent pas de l'eau et de la fibre à l'intérieur du flux.

Man Turbo (auparavant Sulzer) a développé une solution qui consiste en une grande chambre bétonnée, qui ralentit la vitesse de l'air. A l'intérieur de ce séparateur, il y a des pales qui collectent les fibres et l'eau.

Runtech/Ecopump produit un séparateur (illustration 2), qui contient à l'intérieur un filtre en acier inox. Ce filtre peut être nettoyé (si nécessaire) au travers d'une trappe d'accès situé sur le côté du séparateur.

Si le process est très sale, nous recommandons d'utiliser un filtre séparé. Le filtre propre sera installé durant un arrêt. Le filtre sale sera nettoyé à l'aide d'un bain chimique ou similaire.

Illustration 2



Une séparation air/eau inappropriée peut résulter en coûts annuels importants. La plupart des pompes ou des soufflantes sont en fonte. Elles ne résistent pas à l'eau du process.

La corrosion endommage les pompes à anneaux d'eau ; les dépôts de fibres rendent les pales rotatives instables, causant ainsi des dommages. Les fibres qui passent à travers les pompes provoquent des coûts supplémentaires en terme de traitement de l'eau de retour. Une mauvaise séparation peut même réduire la production de la machine.

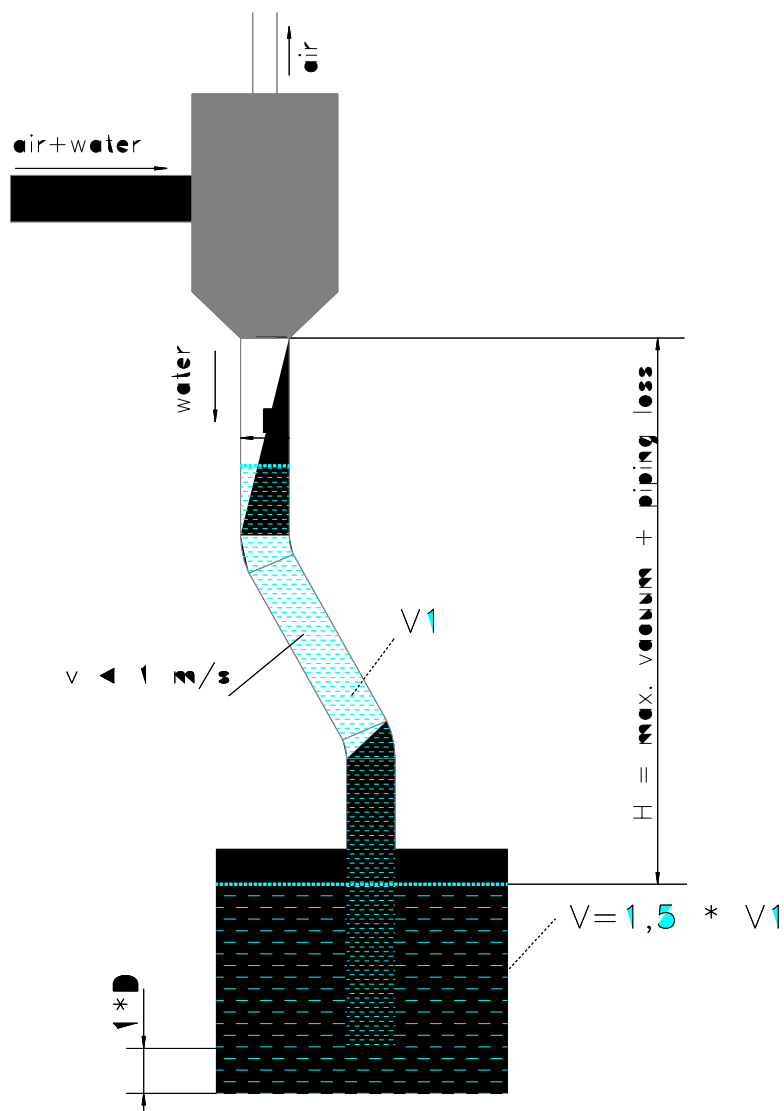
Tous les problèmes de séparation peuvent être résolus de nos jours. Dans la plupart des cas, la solution ne demande même pas un investissement important.

3. LES COLONNES DE DESCENTE ET LES POMPES D'EXTRACTION

Lorsque l'on utilise les colonnes de descente, les séparateurs doivent toujours être positionnés à la hauteur aussi élevée que le vide le plus élevé disponible, de façon à ne pas faire remonter l'eau vers le séparateur. La colonne de descente doit avoir une dimension qui va garder le débit de vitesse sous les 1 m/s. Il faut se rappeler que l'égouttage contient toujours 10 à 20% d'air. Les sections horizontales, les coudes et autres restrictions du débit doivent être dans la mesure du possible, évités. N'utilisez jamais de tuyauterie d'un diamètre inférieur à 80mm. La sortie d'une colonne de descente devrait toujours être au moins à 1* diamètre de tuyau de la restriction la plus proche du puits étanche, de façon à éviter l'étranglement (et que de la pâte ne s'agglomère au fond à l'extrémité du tuyau). D'autre part, le tuyau devrait toujours être suffisamment profond dans le réservoir étanche pour ne pas aspirer d'air.

L'illustration 3 montre une colonne de descente gravitationnelle correcte.

Illustration 3



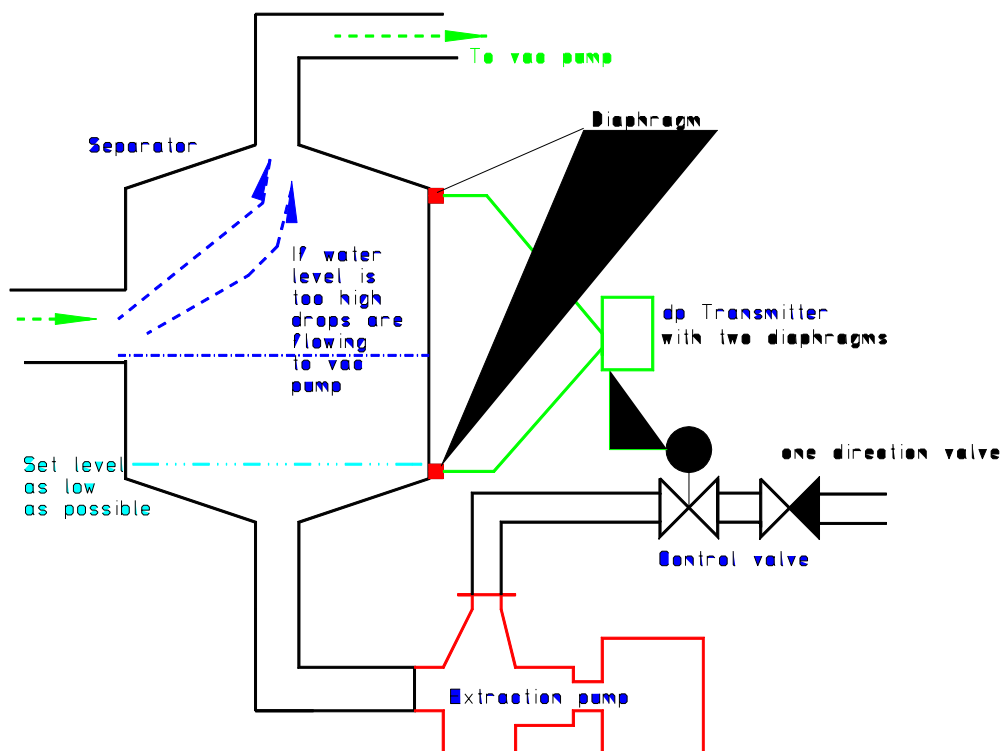
Problèmes habituels des colonnes de descente d'eau :

- La tuyauterie de la colonne de descente est trop petite par rapport au débit d'eau. Le niveau d'eau augmente à l'intérieur du séparateur. Une partie de l'eau du process retourne à la pompe à vide.
- La colonne de descente comporte des restrictions. Par exemple la sortie du tuyau est trop proche du fond du puits étanche. Le niveau d'eau monte à l'intérieur du séparateur. Une partie de l'eau du process retourne à la pompe à vide.
- La colonne de descente a une section qui remonte et qui crée des poches d'air. Ceci restreint le débit.

3.1 La pompe d'extraction

Si les différences de hauteur requises ne sont pas disponibles sur la machine, alors il faut utiliser des pompes centrifuges pour enlever l'eau. Ces pompes sont appelées pompes d'extraction. Elle marche comme une pompe qui va aspirer l'eau d'un puits. Le plus gros problème des pompes d'extraction est que de l'air est transporté avec l'eau, ce qui va affecter le fonctionnement de la pompe. Quelques fois on peut aussi arriver à la limite de la capacité d'aspiration (NASH). Des pompes spécifiquement prévues comme pompes d'extraction peuvent être à présent facilement trouvées sur le marché. La pompe devrait être équipée d'un niveau de contrôle qui garde le niveau d'eau en-dessous du séparateur (si la pompe n'est pas conçue pour fonctionner sans un contrôle du niveau).

Illustration 4: Connexion de la pompe d'extraction (pompe centrifuge habituelle)



Problèmes habituels des pompes d'extraction :

- Trop d'air allant dans la pompe. Fermer toute fuite. Seule l'étanchéité mécanique de l'arbre doit être faite.
- Le contrôle de niveau ne fonctionne pas. En pratique un contrôle de niveau est présenté en illustration 6 comme une solution possible.

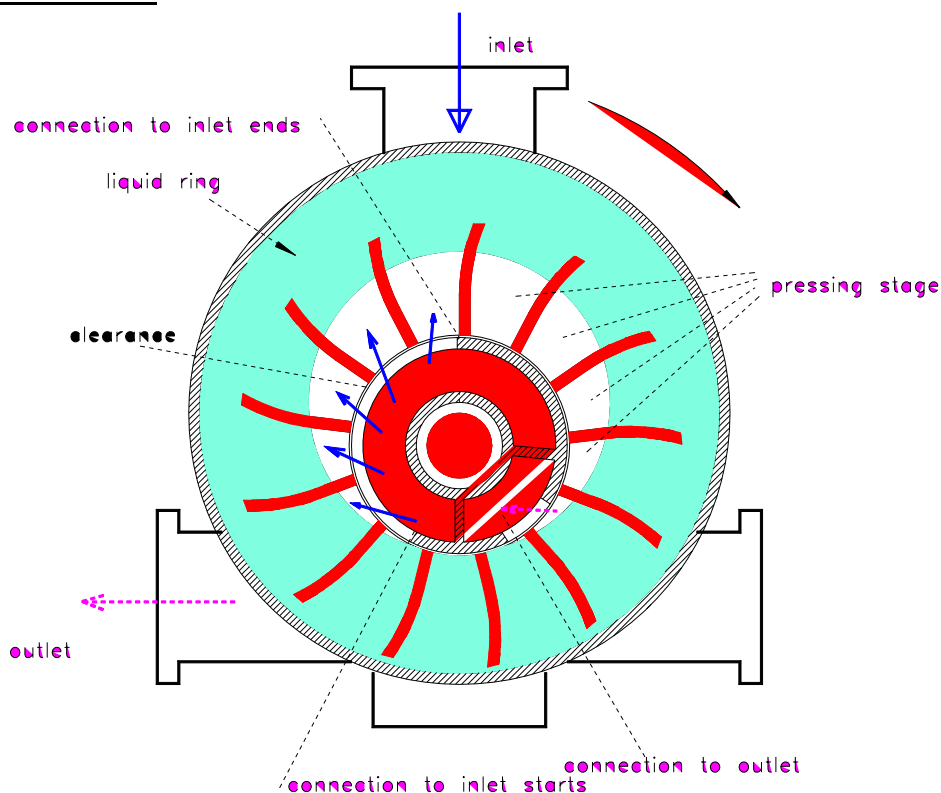
4. POMPES A VIDE ET SOUFFLANTES

4.1 Pompe à anneau d'eau

La façon la plus classique pour générer du vide est la pompe à anneau d'eau. Il y a de nombreux producteurs sur le marché. Le plus important est Nash qui produit ainsi que Elmo (Siemens)

L'illustration 5 montre le principe de fonctionnement de la pompe Nash.

Illustration 5



Principe de fonctionnement :

Un rotor est fixé à l'arbre de la pompe. Il est pourvu de pales qui sont incurvées dans la direction de rotation (partie rouge). L'arbre et le corps de la pompe ne sont pas concentriques, c'est-à-dire qu'ils n'ont pas le même axe central. Les cônes d'entrée et de sortie statiques sont fixés sur le corps de la pompe. Lorsque l'eau d'étanchéité est pompée vers la pompe en rotation, ils forment un anneau liquide en rotation. Le cône statique a une ouverture qui mène l'air depuis l'arrivée vers l'espace où l'air située entre les pales et l'anneau d'eau. La connexion vers

l'ouverture se termine finalement et l'anneau liquide se met à compresser l'air (pressurage). A la fin du pressurage il y a une ouverture sur le cône vers la sortie et le fluide aspiré (et puis plus loin compressé) s'en échappe.

Toutes les pompes à anneau liquide fonctionnent selon ce principe. Certains modèles n'ont pas de cônes pour diriger le flux.

Caractéristiques habituelles des pompes à anneau liquide :

- Le volume du fluide (de vide) reste assez constant, mais le niveau de vide peut varier de 0 à 90 kPa (le vide maximum dépend de la température de l'eau d'étanchéité). Le débit massique a une grande variance selon le niveau de vide.
- On a besoin de beaucoup d'eau d'étanchéité.
- La séparation d'eau est nécessaire à l'entrée et à la sortie. Le traitement de l'eau d'étanchéité est nécessaire à la sortie.
- La pompe devrait être démarrée avec les vannes ouvertes.
- La pompe démarre pour fonctionner après 1 à 3 minutes lorsque l'anneau liquide est formé.
- L'efficacité de la pompe dépend grandement de sa vitesse. A haute vitesse, la friction entre l'anneau d'eau et son enveloppe crée des pertes.
- L'anneau liquide comprime toujours du fluide. C'est la raison pour laquelle la pompe est toujours inefficace à bas vide (en-dessous de 20 kPa).
- La compression du gaz crée de la chaleur. La chaleur est transportée vers l'eau d'étanchéité. Si l'eau d'étanchéité est recyclée, il va falloir la refroidir. En pratique, la température de l'eau d'étanchéité devrait être inférieure à 40C.
- Si le fluide du process et l'eau d'étanchéité ont une différence de température, l'humidité dans le gaz du process va condenser. Ce phénomène augmente la capacité de volume, il dépend de la différence de température.
- Une pompe Nash comprend souvent deux unités de pompage séparées : l'extrémité de la pompe fonctionne indépendamment jusqu'à un certain point. La différence de pression entre ces unités est habituellement inférieure à 30 kPa.
- La pompe Nash a habituellement trois options différentes de cônes. En modifiant les ouvertures des cônes, l'efficacité de la pompe peut être changée pour différents niveaux de vide.
- A l'intérieur de la pompe à anneau liquide il y a de petites ouvertures entre les parties statiques et en rotation. La corrosion et l'érosion vont habituellement élargir ces ouvertures, et le résultat sera une réduction de la capacité.

4.2 Les soufflantes centrifuges

Le principe des soufflantes centrifuges peut être utilisé pour un système de vide. Il y en a trois types : les ventilateurs ordinaires, les turbo-blower et les soufflantes multi-étage.

Toutes ces machines disposent d'un ou de plusieurs rotors centrifuges. Le rotor peut être ouvert ou fermé.

4.2.1 Ventilateur classique

Les ventilateurs classiques peuvent fonctionner à des niveaux de vide inférieurs à 20 kPa. La soufflante est parfaite pour des niveaux de vide bas en raison de sa bonne efficacité et de sa construction en acier inox.

L'illustration 6 montre un ventilateur ECOFAN de KOJA.

Illustration 6



Lorsque l'on choisit des ventilateurs habituels, il faut toujours se rappeler que toute machine connecté à un système de vide doit être très fiable. Prévoyez toujours une séparation air/eau appropriée. Prévoyez toujours l'entraînement de la soufflante directement sans courroies, etc ...

Les convertisseurs de fréquence ne sont plus très chers de nos jours, prévoyez-en donc sur vos ventilateurs. Faites une sortie de tuyauterie de 25 mm sur le corps du ventilateur pour éviter tout problème de condensation d'eau.

4.2.2 Turbo blowers

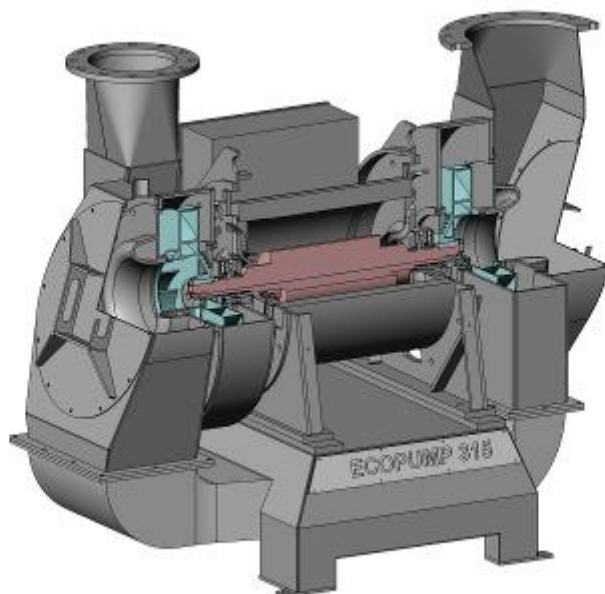
Au-dessus de 20 kPa, le niveau de vide d'un ventilateur doit être celui d'un ventilateur-turbine. Il y a de nombreux produits sur le marché comme par exemple MAN Turbo et le Turbo blower de Runtech/Ecopump.

Voici quelques informations sur le Turbo blower d'Ecopump-315. L'illustration 7 montre le principe de fonctionnement. Le turbo blower a deux turbines fermées, fabriquées en titane. Les turbines sont installées sur un moteur électrique Rotatek de Vacon. Le roulement est de type à billes, lubrifié à l'huile ordinaire. A une vitesse de 5000 à 10 000 t/m, les niveaux de haut vide des machine à papier ou à carton peuvent être générés.

Différentes caractéristiques de cette machine :

- Pas besoin d'eau d'étanchéité. Refroidissement par air.
- Consommation de puissance réduite en raison du contrôle de vitesse (convertisseur de fréquence) et bonne efficacité de la turbine. Large gamme d'opération.
- Pas de problèmes de corrosion due à la turbine en titane et au corps en acier inox.
- Construction légère, peu de place nécessaire
- Hotte de protection du bruit en standard
- Pas de réducteurs ou d'accouplements, moindre besoin en maintenance
- Les turbines et les roulements peuvent être en maintenance sans avoir à ouvrir l'ensemble des tuyauteries.

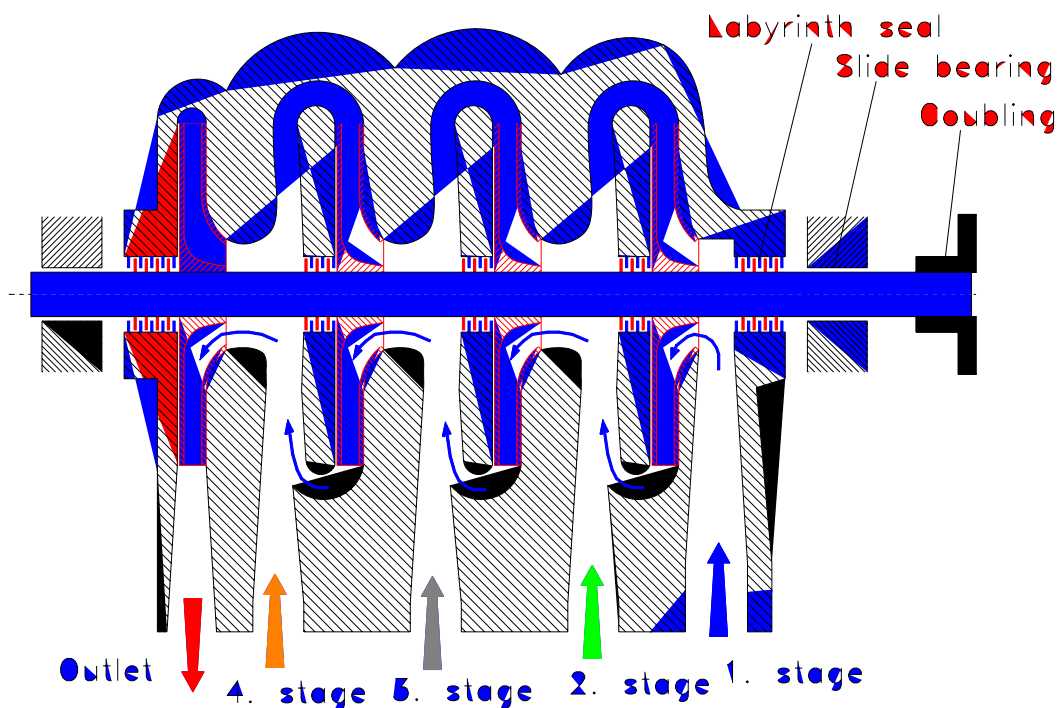
Illustration 7



4.2.3 Soufflante Multi-étage

Quand plusieurs turbines sont connectées en série, les hauts niveaux de vide sont possibles. En connectant la tuyauterie à chaque turbine, on peut créer autant de niveaux de vide que de turbines. L'illustration 8 montre le principe d'une machine à quatre étages. Ces types de machines sont produites par Man Turbo (auparavant Sulzer)

Illustration 8



Caractéristiques d'une soufflante multi-étage :

- La séparation d'eau doit être bonne
- Le démarrage se fait pratiquement avec toutes les vannes fermées. Un bon contrôle de l'automation est nécessaire.
- S'il n'y a pas suffisamment d'air qui souffle depuis la machine à papier, on a un phénomène de « broutage » sur la soufflante. La vanne casse vide est nécessaire pour éviter ce problème.
- Le niveau de vide à chaque étage reste assez constant, le volume peut varier sur une grande échelle.

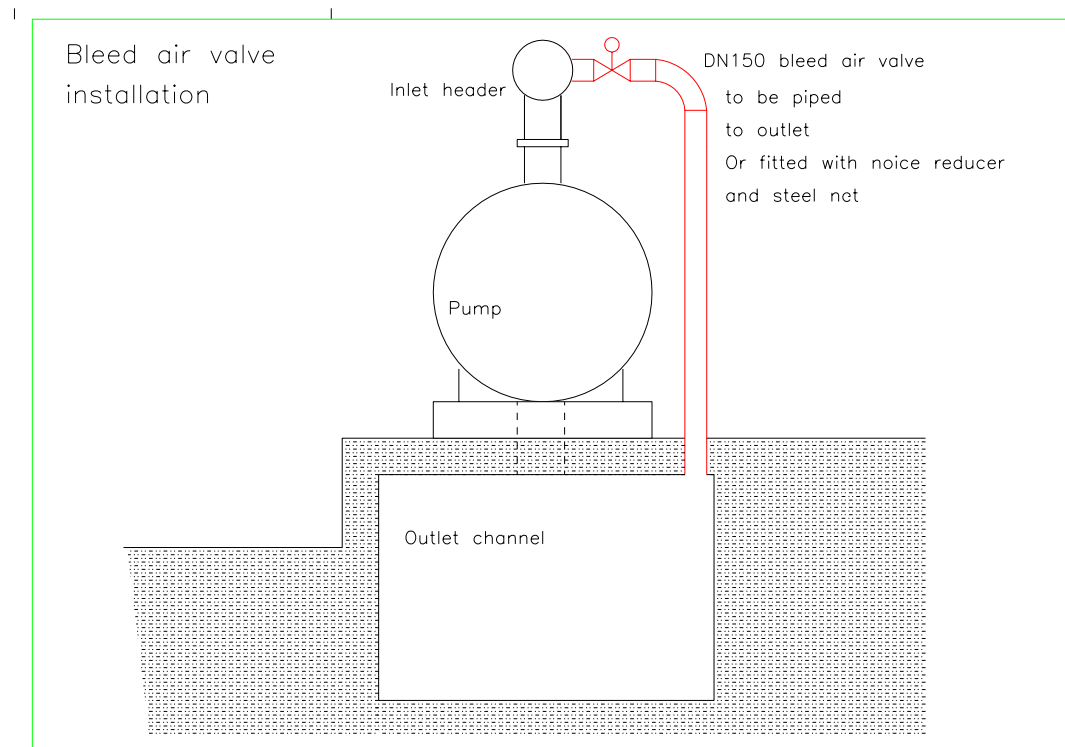
CONTROLE ET MESURE D'UN SYSTEME DE VIDE

Quand la capacité de production habituelle d'une machine à papier augmente, il faut alors disposer de contrôles et de mesures appropriées également pour le système de vide.

Le principe de contrôle pour les niveaux de vide dépend du type de pompe à vide utilisé. Les pompes à anneau d'eau (ex. NASH, Siemens) fonctionnent comme un piston avec un débit constant mais un niveau de vide variable. Alors que l'équipement de vide basé sur le principe centrifuge (ex. Sulzer) garde le vide relativement constant mais le volume d'air varie grandement. Habituellement ce n'est pas rentable de connecter cet équipement en parallèle.

Si le système de vide contient des pompes à anneau d'eau connectées seulement sur une seule position, alors elle devraient être contrôlées à l'aide de vannes casse vide. Le casse vide est un moyen efficace pour contrôler les niveaux de vide étant donné que l'air sous une pression normale est mélangé avec l'air sous vide. Les dimensions de vannes doivent absolument varier entre 100-200 mm en fonction des positions.

Illustration 9



Si des soufflantes ou équivalents sont utilisées, le contrôle doit se faire à l'aide de vannes d'étranglement. Cette méthode de contrôle devrait aussi être utilisée si une pompe à anneau liquide est connectée sur différentes positions. Les vannes d'étranglement doivent toujours être positionnées entre séparateur et pompe, ce qui permet de garder le niveau d'eau de la colonne d'eau sous le séparateur (sur pompe à anneau liquide).

Les vannes devraient être utilisées pour contrôler le vide des caisses de conditionnement de feutres. Si l'on descend l'une des caisses aspirantes de

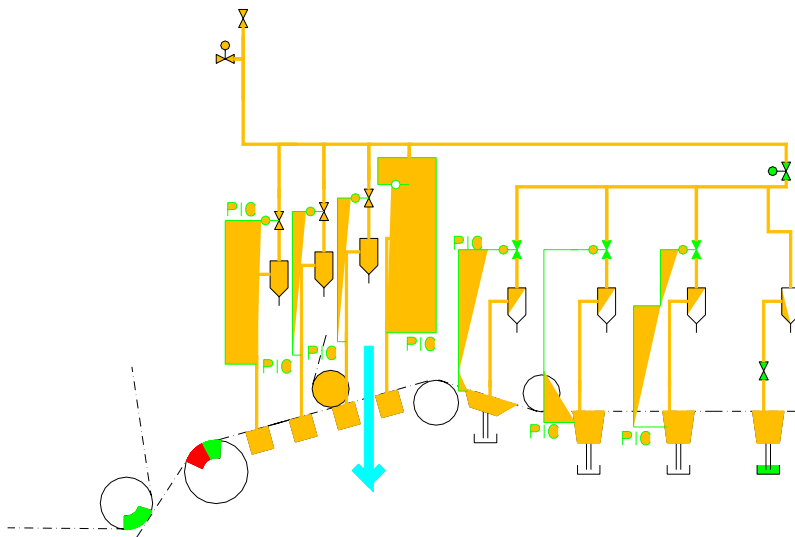
feutre, celui ne suffit habituellement pas pour garder l'humidité sur un nouveau feutre, étant donné que 80% de l'eau sont enlevés par la première caisse aspirante.

Sur la partie formation, les bas vides sont habituellement connectés à un collecteur. Les vannes doivent être dimensionnées de telle façon que chaque position de vide individuelle peut être fixée indépendamment des autres. Il est aussi important que les ajustements d'un vide n'affectent pas les autres.

Le vide utilisé dans un vide de transfert (pick up et rouleau aspirant de transfert) devrait être équipé d'un contrôle de vide.

L'illustration 10 montre les connexions habituelles en section formation. Veuillez noter qu'il n'y a pas besoin d'utiliser de vanne casse vide. Seulement si une des vannes papillon a une ouverture inférieure à 5%, installez alors de petites vannes casse vide manuelles (exemple. DN50). Ouvrir le casse vide jusqu'à ce que la vanne d'étranglement fonctionne dans sa gamme.

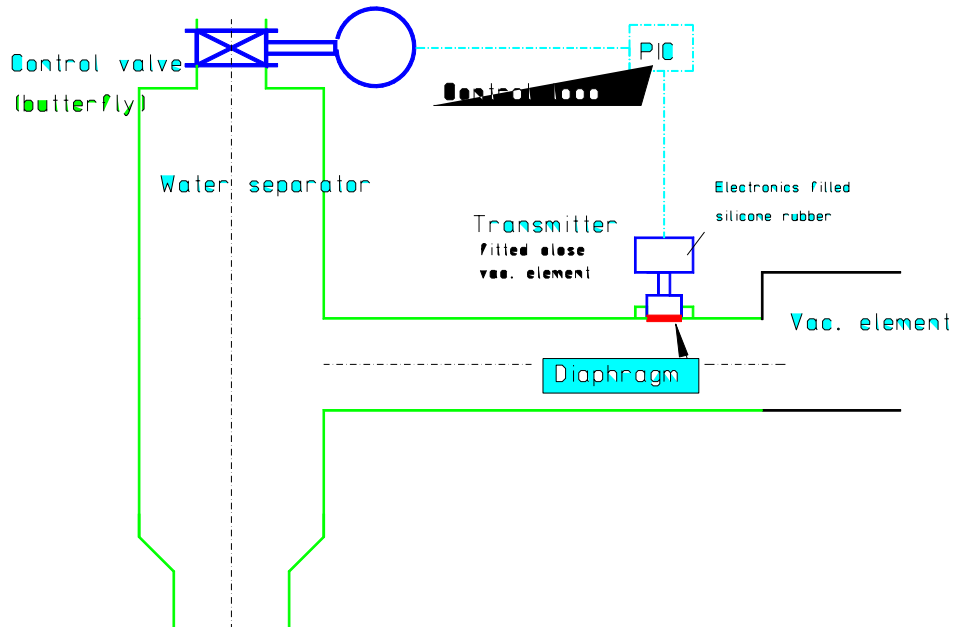
Illustration 10



Cet exemple provient d'une machine à former hybride. Le contrôle du vide affecte la gamme d'égouttage entre toile supérieure et inférieure. La mesure d'égouttage est aussi nécessaire pour montrer à l'opérateur les résultats d'un contrôle de vide.

Les transmetteurs de vide vers la toile et la section presse devraient être installés assez près de l'élément de vide. Utilisez les transmetteurs à diaphragme. Parce que la place d'installation est très humide, utilisez des transmetteurs spéciaux prévus pour fonctionner sous l'eau. L'illustration 11 en montre les principes.

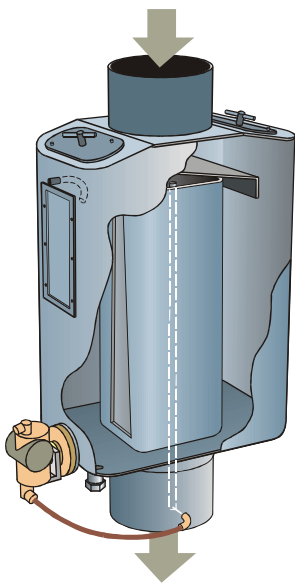
Illustration 11



Mesures d'égouttage

Le débitmètre est l'instrument le plus habituel pour mesurer l'eau à l'égouttage. C'est le seul produit qui est calibré en tenant compte de l'air contenu dans l'eau. Des débitmètres classiques ne marchent pas lorsque de l'air est contenu dans le liquide.

Illustration 12 Débitmètre Ecoflow



Les débitmètres Ecoflow ont été développés pour des applications spéciales qui permettent une mesure d'égouttage fiable sur toute sorte de papier, de carton et de presse-pâte. Les mesures sont très précises et tiennent compte de l'air possible.

5. LA PRESSION DANS UN SYSTEME DE VIDE

La pression d'un système de vide est souvent totalement oubliée bien que des problèmes de pressions ont une grande influence sur l'aspiration.

5.1 Pression de retour

La pression à la sortie est souvent appelée pression de retour. Elle devrait être aussi proche que possible de la pression atmosphérique. Normalement la différence est de 0,5-1 kPa.

Une haute pression de retour va réduire le vide sur l'aspiration. La demande d'entraînement va augmenter (pompe à anneau liquide).

Le retour de pression augmente si la tuyauterie de sortie est trop petite pour le débit. Quelquefois la séparation d'eau à la sortie d'une pompe à anneau liquide va créer des pertes.

La tuyauterie de sortie pour une vitesse d'air plus basse est prévue à la vitesse d'entrée (environ 15 m/s)

5.2 Séparation de l'eau de sortie

Les pompes à anneau liquide ont besoin de séparation de l'eau pour l'eau d'étanchéité sur la sortie. La séparation doit être spécifiée comme pour l'aspiration. L'eau d'étanchéité doit être pompée pour le recyclage et le refroidissement.

5.3 Notice concernant le silencieux

Toutes les pompes à vide et soufflantes font du bruit. Un silencieux approprié doit être prévu. Il faut toujours se rappeler que la perte de pression d'un silencieux doit être aussi basse que possible.

Il faut faire affaire avec des spécialistes pour dimensionner correctement le silencieux de sortie.