

Amélioration du système aéraulique du Glutton Collect

Ing. M. DE VILLE DE GOYET
Ecole d'Ingénieurs - HELHa Mons

Cet article reprend le travail de recherche mené dans la société Glutton visant à améliorer le système aéraulique d'un aspirateur urbain, le Glutton Collect. Différentes parties du système ont été étudiées afin d'en améliorer le fonctionnement et ont permis de lancer des tests sur le terrain. Ce travail n'est qu'un début pour l'entreprise mais permet de poser les bases et de mettre en avant certains points positifs ou négatifs du système actuel.

Mots clés : système aéraulique, Glutton Collect, filtre, courbes caractéristiques.

This article takes up the research work in the Glutton company aimed at improving the aeraulic system of the Glutton Collect. Different parts of the system have been studied and have made it possible to launch tests in the field. This work is only a beginning for the company but allows it to lay the foundations and highlight certain positive or negative points of the current system.

Keywords : aeraulic system, Glutton Collect, filter, characteristic curves.

1. Introduction

L'entreprise Glutton est une société spécialisée dans la conception et la production d'aspirateurs urbains. Depuis 1995, la société commercialise des aspirateurs de rue appelés Glutton Collect. En 2017, Glutton présente sa nouvelle balayeuse de rue, le Glutton ZEN. Cela fait bientôt 30 ans que la société continue de perfectionner ses machines, ce qui lui permet d'être leader sur le marché.

Le but de ce travail est d'analyser le circuit aéraulique du Glutton Collect et plus particulièrement la turbine. N'ayant plus été modifié depuis que la machine est passée en 100% électrique en 2006, des pistes d'amélioration vont être explorées. Ce travail se focalisera sur la turbine et une partie du circuit aéraulique étant donné que la majorité du circuit ne peut être modifié sans toucher au design de la machine.

Dans un premier temps, il fallait déterminer les améliorations possibles ainsi que les différentes contraintes à prendre en compte. Cela a été possible grâce aux courbes caractéristiques, à la littérature ainsi qu'au retour d'expérience des différents managers des divers services. Par la suite, une recherche de fournisseur proposant des prototypes répondant au cahier des charges a permis d'en sélectionner plusieurs. Pour terminer, ceux-ci ont été comparés avec la turbine actuelle afin de trouver la meilleure turbine.

2. Système

La compréhension du système aéraulique est nécessaire afin de pouvoir envisager des pistes d'améliorations. Cette machine fonctionne comme un aspirateur.

L'utilisateur tient une buse grâce à une poignée et il la dirige afin d'aspirer les déchets au sol. Cette buse est reliée au capot de la machine à l'aide d'un tube souple. Le capot est la partie supérieure du Collect qui se situe au-dessus de la poubelle. Les déchets vont tomber dans la poubelle tandis que l'air va remonter dans la 2ème partie du capot pour passer à travers un filtre. Après le filtre, l'air est guidé dans la turbine à l'aide d'un tube rigide.



Figure 1 : Passage de l'air à travers le Glutton Collect.

En étudiant le système aéralique, le but est de garder les mêmes performances en réduisant la consommation énergétique. Dû au contexte actuel, le coronavirus ainsi que la guerre en Ukraine, le prix de l'énergie varient et atteint même des records de prix. Si l'économie d'énergie a toujours été recherché, le contexte actuel favorise encore plus cette démarche.

Parmi tout le système aéralique, deux éléments ont été jugés critiques, le filtre ainsi que la turbine.

2.1. Filtre

Le filtre est une partie très importante de la machine, c'est lui qui va déterminer à quel moment la journée de travail se termine. Dans certains cas c'est le filtre qui sera limitant, plus que l'autonomie de la batterie.

La machine repose sur une idée simple ; l'aspiration doit être assez importante pour collecter des déchets. De plus, l'air qui est rejeté par la machine doit être propre et ne pas déranger les passants. Il est donc important que le filtre bloque le plus de poussière possible. Néanmoins, cela a un coût puisque plus le filtre récupère de particules, plus il va s'encrasser et plus les pertes de charge qu'il génère seront importantes. Avec des pertes de charge plus importantes, les performances de la machine seront moindres et les déchets seront de plus en plus difficiles à aspirer.

Les tests sur les filtres auront plusieurs utilités :

- 1) Connaître la courbe caractéristique du circuit actuel.
- 2) Comparer les courbes entre différents filtres.
- 3) Comparer les courbes d'un filtre dans plusieurs états (propre, sale, nettoyé).



Figure 2: filtre du Glutton Collect.

Premier test

Dans un premier temps, trois filtres ont été comparés :

- Filtre Donaldson actuel (celui de base)
- Filtre Donaldson lavable
- Filtre IFS (comparable à celui de base, fournisseur différent)

Les courbes caractéristiques des différents filtres sont similaires lorsqu'ils sont propres. Le graphique ci-dessous reprend la courbe caractéristique du filtre actuel.

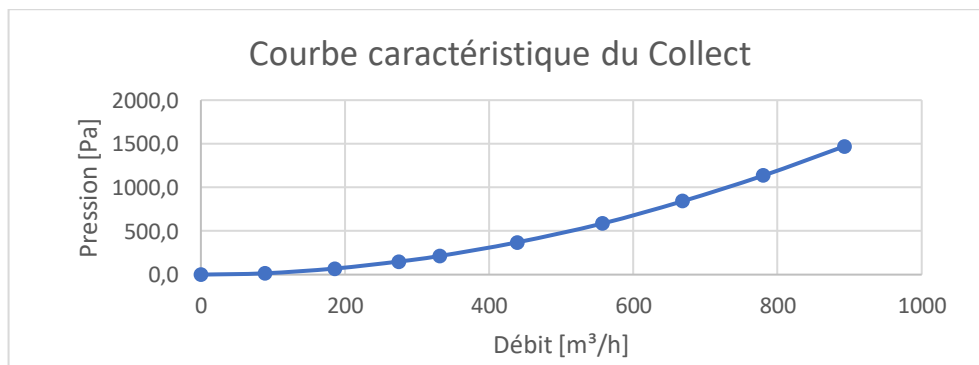


Figure 3 : Courbe caractéristique du système aéraulique.

L'intersection de cette courbe et de la courbe caractéristique de la turbine représentera le point de fonctionnement nominal du Glutton Collect.

Une autre courbe importante, est la courbe lorsque le filtre est encrassé.

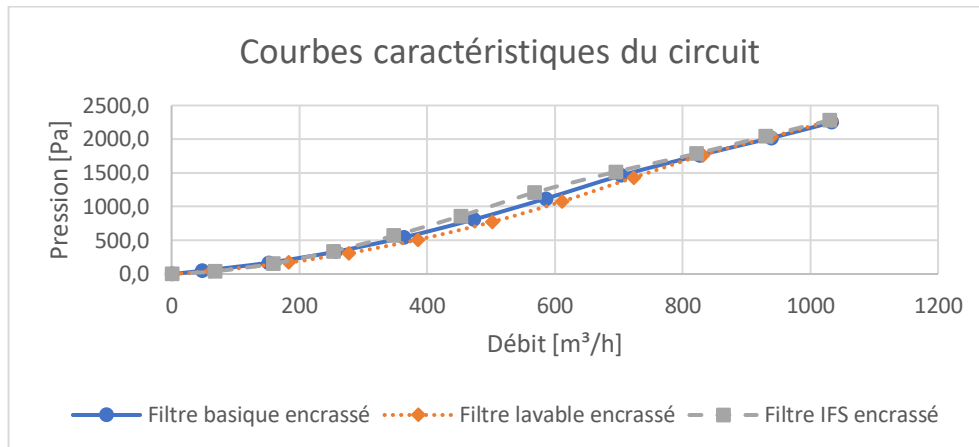


Figure 4 : Courbes caractéristiques du système aéraulique avec différents filtres.

L'allure des courbes est similaire pour les 3 filtres, cela provient du mode opératoire. En effet, le filtre était testé lorsque la machine n'était plus capable d'aspirer des déchets. Puisque ce sont les mêmes déchets qui ont été utilisés pour les différents filtres, il est normal que le point de non-fonctionnement soit le même. Il est question de point de non-fonctionnement puisque la machine n'est plus capable de travailler, il se situe aux alentours de 700 m³/h. Cependant, cela ne veut pas dire que les filtres se sont comportés de la même manière.

La quantité de poussière dans les filtres était de :

- 3,9 [kg] pour le filtre de base.
- 3,8 [kg] pour le filtre lavable.
- 2,8 [kg] pour le filtre IFS.

Le filtre IFS démontre les mêmes performances que les deux autres filtres et pourtant il contient moins de poussière. Cela implique que le filtre se bouche plus vite que les 2 autres filtres. Pourtant, il est censé être similaire au filtre de base. Le filtre IFS sera modifié par le fournisseur afin d'étudier les différents paramètres liés au filtre et ainsi essayer d'atteindre de meilleures performances avec le filtre.

Modification filtre IFS

Le filtre IFS a été modifié sous différents angles, le nombre de plis, la position des plis ainsi que l'emplacement de la colle qui maintient les plis en place. L'un des

premiers paramètres à avoir été mis en évidence était la colle. En effet, le filtre IFS n'avait pas de colle pour maintenir les plis en place. Cela semble être la raison pour laquelle la quantité de poussière était moindre.

Quatre filtres ont été fournis par IFS afin de tester leurs performances.

Filtre	Nombre de pli	Pli alterné	Emplacement de la colle
258 AP	258	Oui	Intérieur et extérieur
380 AP	380	Oui	Intérieur et extérieur
380 EG	380	Non	Extérieur
380 IG	380	Non	Intérieur

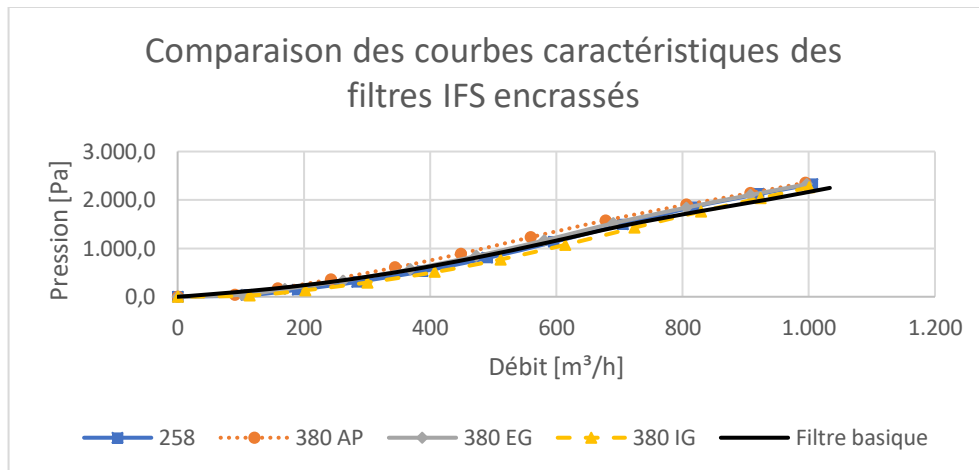


Figure 5 : Courbes caractéristiques du système aéraulique avec différents filtres IFS.

Sur graphique ci-dessus, les courbes se mélangent et rend la lecture du graphique plus compliquée. Ce qui est important est que les courbes se ressemblent et qu'il faut donc différencier les filtres sur la quantité de poussières absorbés. Un point important a soulevé est que la concordance des courbes démontrent que changer de filtre n'améliorera pas les performances de la machine.

Comme pour les filtres précédents, les courbes caractéristiques des filtres encrassés sont similaires. À nouveau, il est important de regarder la quantité de poussières dans les filtres.

- 258 AP : 3,8 [kg]
- 380 AP : 3,9 [kg]
- 380 EG : 4,1 [kg]
- 380 IG : 3,6 [kg]

Le 258 AP est le seul filtre parmi les 4 qui n'avait pas atteint la saturation de poussière. Un second filtre intéressant est le 380 EG puisqu'il contient plus de 4 kg de poussière. Ces deux filtres ont été sélectionnés afin d'être testés sur le terrain. En effet, la poussière utilisée pour salir les filtres est ce qui peut être trouvée de pire et n'est pas suffisamment représentative de ce qui peut être trouvé dans la rue.

Ces filtres venant d'un autre fournisseur seront une alternative au filtre actuel puisque les performances ont pu être égalées. Cela permettra une négociation des prix plus aisée avec un fournisseur et permet une sécurité d'approvisionnement.

2.2. Turbine

La turbine est l'organe principal du Collect puisque c'est elle qui crée le débit d'air. Parmi les nombreux types de turbines qui existent, celle-ci est une turbine centrifuge à pales inclinées vers l'arrière. Ce type a été choisi car il permet une grosse différence de pression entre l'admission et le refoulement. De plus, la pente de la courbe caractéristique pouvant être assez raide, la turbine peut continuer à produire un débit important même lorsque le circuit devient plus résistant au passage de l'air.

La turbine tourne à 2 vitesses différentes, il y a le mode normal à 3000 [RPM] et le mode boost à 3300 [RPM]. Lorsque la machine fonctionne, elle est automatiquement en mode normal. Un bouton spécifique permet de lancer pendant une dizaine de secondes le mode boost. Cela permet une augmentation de l'aspiration. Toutefois, la consommation augmente aussi pendant ce laps de temps.

2.2.1 Consommation de la turbine

La consommation de la turbine est une information essentielle pour déterminer le gain potentiel. Il est donc indispensable de connaître la consommation par rapport à la globalité de la machine. Deux sources de consommation principales ont été mises

en évidence ; la turbine et la traction. Il y a d'autres sources consommant de l'énergie : lampe, alarme sonore, contrôleur, etc. Celles-ci sont négligeables par rapport aux 2 autres, de ce fait, aucun test n'a été réalisé sur ces éléments.

La puissance de la turbine a été mesurée sur 10 machines différentes afin de calculer une moyenne. La puissance de la traction a été mesurée en enregistrant les données lors du déplacement de la machine.

La question de la précision des valeurs récoltées doit être posée. Puisque certaines sources de consommation ont été négligées et que ce n'est que pour avoir un ordre de grandeur que les données étaient récoltées, la proportion ne sera pas exacte au % près. Néanmoins, cela donnera une idée générale.

La consommation peut aussi varier en fonction de l'utilisation de la machine. Afin de pallier ce problème, une journée type a été définie sur base de données d'utilisation récoltées sur différentes machines. Le tableau ci-dessous reprend les caractéristiques d'une journée type.

Temps de déplacement	7 h
Distance parcourue	14 km
Temps d'aspiration	3h30
Nombre d'impulsion (nombre de démarrage de la turbine)	43
Temps de boost	20 min
Nombre d'impulsion du boost (nombre de passage en mode boost)	20

Grâce à cette journée type, il est possible de déterminer la puissance consommée par la turbine et par la traction. La répartition pour cette journée donne :

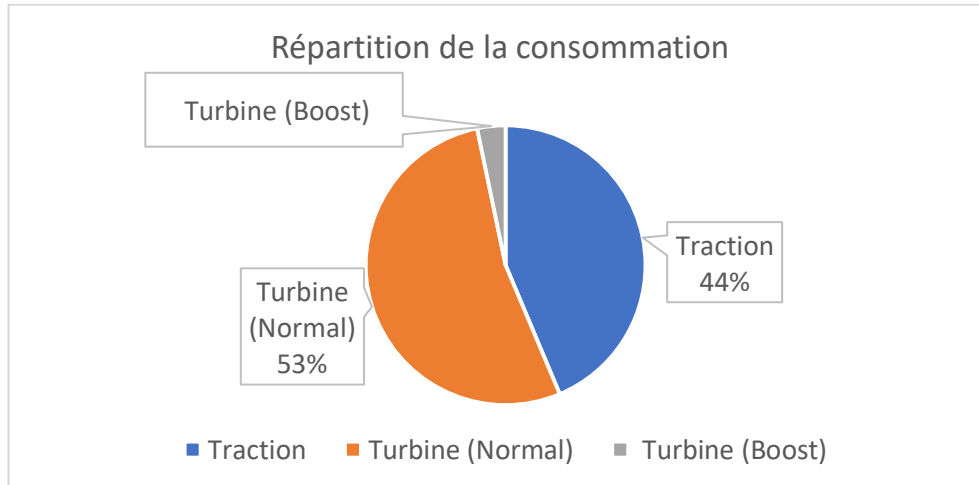


Figure 6 : Répartition de la consommation du Glutton Collect

Le graphique montre de manière évidente que la turbine est la plus grosse source de consommation du Glutton Collect.

Courbe caractéristique de la turbine

Pour comparer la turbine avec d'autres prototypes, il est obligatoire de connaître les caractéristiques de la turbine actuelle. Différents tests ont été réalisés pour connaître la consommation, la pression générée et le rendement de la turbine à différentes vitesses (3000 [RPM] et 3300 [RPM]). Le graphique ci-dessous reprend la courbe nominale de la turbine à 3000 [RPM] ainsi que les 2 courbes du circuit extérieur lorsque le filtre est propre et encrassé.

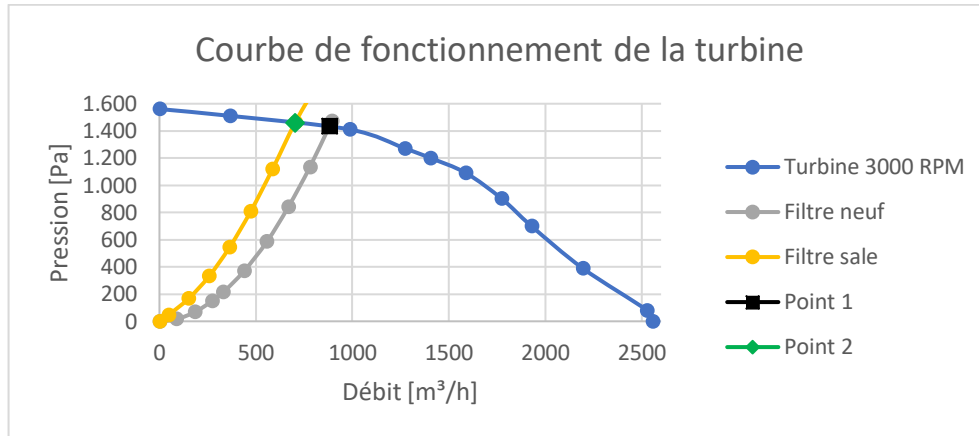


Figure 7 : Courbe caractéristique de la turbine du Glutton Collect.

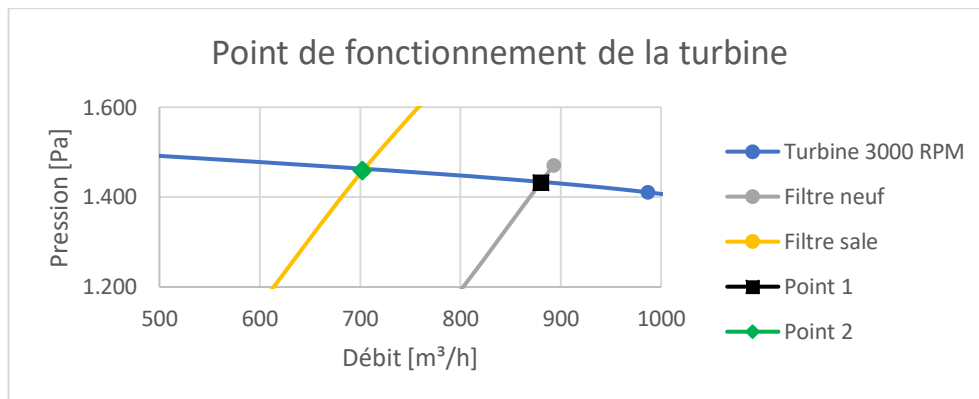


Figure 8 : Zoom sur la zone de fonctionnement du Glutton Collect.

Au fur et à mesure que la machine fonctionnera, le filtre se salira et de ce fait la courbe du circuit extérieur évoluera du point 1 au point 2. Cette zone de fonctionnement est très importante puisque c'est sur cette zone-là que le rendement de la turbine doit être le plus élevé !

Les points donnent :

- 880 [m^3/h] et 1430 [Pa] (Point 1)
- 700 [m^3/h] et 1460 [Pa] (Point 2)

La courbe du rendement est aussi intéressante à étudier.

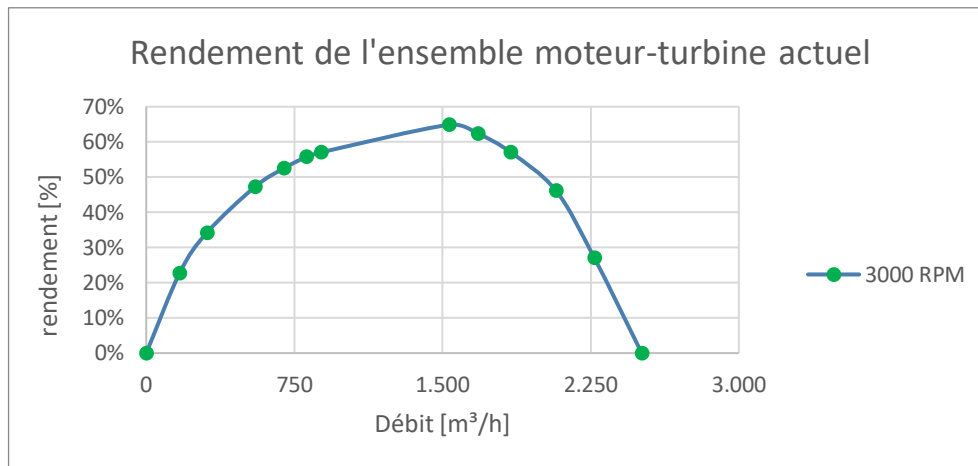


Figure 9 : Courbe de rendement de l'ensemble moteur-turbine du Glutton Collect.

Le maximum de la courbe de rendement se situe aux alentours de 1500 [m³/h] or, la turbine travaille aux alentours de 880 [m³/h]. Cette information implique que la turbine ne travaille pas à son point de rendement maximum et qu'une amélioration est possible. De plus, le rendement du groupe moteur-turbine est de 65[%] ce qui peut être amélioré aussi.

Cahier des charges

La réalisation du cahier des charges est une étape importante. En effet, un cahier des charges bien défini permettra de ne pas perdre de temps avec les fournisseurs potentiels.

le cahier des charges donne :

- Encombrement : la place est limitée car la machine est déjà existante.
- Diamètre de l'arbre moteur : le moteur ne sera pas changé.
- Système de fixation : proposition du fournisseur.
- Zone de travail : le point de fonctionnement nominal doit être atteint. Le reste de la courbe doit être le plus pentu possible.
- Équilibrage : la turbine doit arriver équilibrée.
- Traitements : optionnel, contre l'eau ou la poussière.

Prototypes

Une liste de 18 fournisseurs avait été établie, reprenant de potentiels fournisseurs. Sur ces 18, 6 ont été contactés et seulement 4 fournisseurs ont proposé une turbine. De ces 4 fournisseurs, 3 prototypes ont été commandés.

La première remarque qui peut être faite sur les turbines est la différence visuelle entre ces turbines :

	Hauteur [mm]	Diamètre [mm]	Nombre d'aubes	Vitesse de rotation nominale [RPM]
Glutton	104	300	8	3000
VG Ventilatortechnik	80	280	8	3000
Kamptmann	71	280	7	3200
Zenner	59	255	12	4000

Une première constatation est la différence de taille, les trois prototypes sont plus petits que la turbine actuelle que ce soit hauteur ou diamètre. Cette information va dans le même sens que la courbe de rendement, la turbine est probablement surdimensionnée pour son utilisation.

Le graphique ci-dessous reprend les courbes caractéristiques des 4 turbines ainsi que des 2 courbes du circuit extérieur.

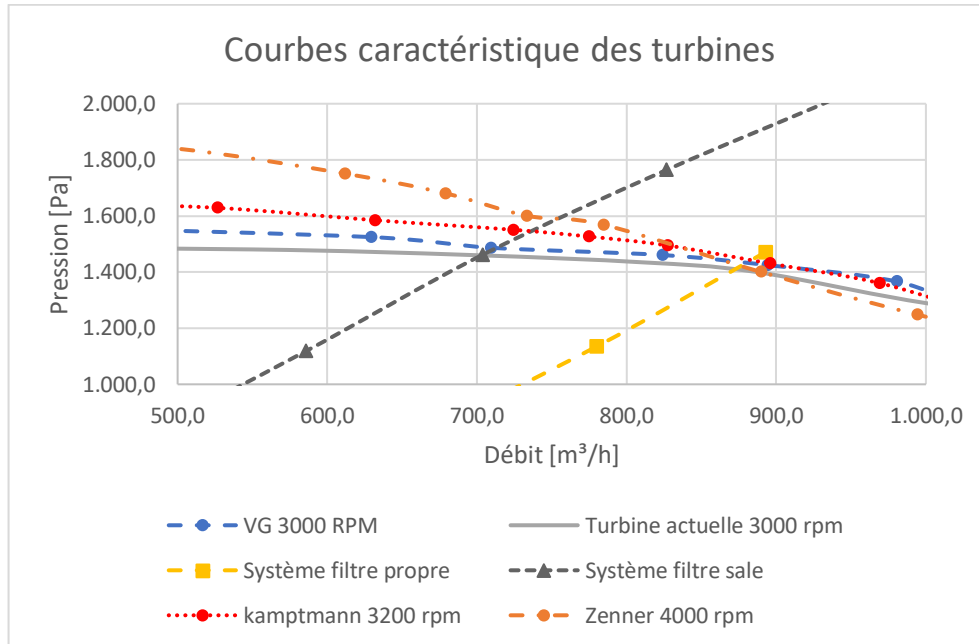


Figure 10 : Zone de fonctionnement des courbes caractéristiques des différentes turbines.

Les courbes des turbines se croisent toutes au point de fonctionnement nominal aux alentours de 880 [m³/h]. L'information importante issue de ce graphique est la pente des courbes des différentes turbines. En effet, il est important de garder le débit le plus élevé possible lorsque le filtre s'encrasse.

Parmi les trois prototypes, deux d'entre eux montrent des performances légèrement supérieures. Ces prototypes sont ceux de Kamptmann et de Zenner. Le prototype de chez VG montre une courbe fortement similaire à celle de la turbine actuelle. Cela peut être dû à la forme presque identique entre les 2 turbines.

Ces deux prototypes ont aussi montré de meilleurs rendements. Néanmoins, la différence de rendement entre les prototypes et la turbine étant assez faible et la prise de mesure n'étant pas assez précise. La comparaison des prototypes n'a pas pu se baser sur leurs rendements.

Étude financière

Avoir de meilleures performances est ce qui était recherché. Cependant, le côté économique ne peut pas être mis de côté car c'est un point tout aussi important pour

une entreprise. Cette étude financière se base sur le prix de la turbine actuelle, le nombre de remplacement de turbine, le coût de la main d'œuvre, etc.

L'estimation du prix n'est pas précise mais permet de donner un premier avis sur la direction à emprunter. En parallèle, une offre de prix a été demandée aux fournisseurs afin de connaître le prix d'achat des turbines. Ce prix n'est pas le même que le prix d'un prototype.

Le résultat est net. La turbine de chez VG est presque deux fois plus chère, la turbine de chez Kamptmann est quatre fois plus chère et pour Zenner, aucune offre n'a été reçue mais devrait être du même ordre de grandeur que celle de chez Kamptmann. D'un point de vue économique, la différence de prix est trop importante pour justifier un changement de fournisseur.

3. Conclusion

Les tests réalisés sur la turbine démontrent une vraie perspective d'amélioration. La modification ou le changement de turbine pour déplacer la courbe de rendement permettrait de travailler au rendement maximum.

Les tests sur les filtres ne montrent pas d'améliorations possibles au niveau du circuit aéraulique. En revanche, une amélioration du filtre est toujours positive sur la machine. De plus, un gain financier sur un filtre plus performant pourrait servir de marge pour une meilleure turbine plus coûteuse que l'actuelle.

Dans la finalité, ce travail est un premier pas effectué dans l'amélioration du système aéraulique. Des nouveaux filtres ont été commandés afin de réaliser des tests en situation réelle et une base solide a été constituée pour les recherches d'une nouvelle turbine. Il était difficile d'exprimer le potentiel d'amélioration de la turbine avant ce travail. Cependant, même si les turbines proposées coûtent plus cher que la turbine actuelle, elles pourront servir de base à la création d'une nouvelle turbine puisqu'elles ont montré de meilleures performances.

4. Source

- [1] *AMCA 210: Laboratory Methods of Testing Fans for Ratings*, Washington D.C., THE EXECUTIVE DIRECTOR OFFICE OF THE FEDERAL REGISTER, 1999.
- [2] DE VILLE DE GOYET, M., *Amélioration du système aéraulique du Glutton Collect*, Travail de fin d'étude, Mons, Belgique : Haute École de Louvain en Hainaut, Juin 2022.