

Influence de la masse moléculaire et du coefficient de compressibilité du gaz naturel sur les performances d'un compresseur centrifuge.

Mouloud REZOUG, Salah KHELFI TOUHAMI , Amar CHEBOUBA , Karim YOUNSI

Laboratoire de génie physique des hydrocarbures UMBB FHC

mouloudrezoug@yahoo.com

Résumé.

On étudie l'influence du coefficient de compressibilité et de la masse moléculaire du gaz naturel sur les performances d'un compresseur centrifuge.

L'énergie transférée par la roue d'un compresseur centrifuge au gaz naturel véhiculé dépend essentiellement de la vitesse de rotation et du poids moléculaire de ce dernier.

On estimera pour cela la valeur du coefficient de compressibilité en utilisant le logiciel EUCALYPTE Packages. Le coefficient de compressibilité Z est inversement proportionnel à la masse moléculaire du gaz.

L'augmentation de la masse moléculaire du gaz d'alimentation (donc une diminution du coefficient de compressibilité) conduit à une diminution du travail transmis au gaz, ce qui est compatible avec le modèle utilisé.

La puissance est directement proportionnelle au facteur de compressibilité et au débit massique du gaz à l'aspiration, ces deux facteurs étant à leur tour proportionnel au poids moléculaire du gaz.

Pour un taux de compression et une vitesse du compresseur donnés, l'augmentation de la densité relative engendre une augmentation du débit et une plus grande consommation d'énergie.

De plus, la stabilité du fonctionnement du compresseur et donc son rendement, dépend du débit aspiré et donc du poids moléculaire du gaz ; les coordonnées du point de fonctionnement hors zone de pompage sont déterminées en fonction du débit réduit.

Mots-clés : gaz naturel- coefficient de compressibilité- performances

Nomenclature

1.Introduction

L'étude a pour but d'analyser l'influence de deux paramètres importants que sont la masse moléculaire et le coefficient de compressibilité du gaz naturel sur la puissance absorbée par un compresseur centrifuge.

Les scénarios suivants sont simulés à cet effet :

- L'influence de la masse moléculaire M sur le coefficient de compressibilité Z du gaz naturel
- L'influence de la masse moléculaire et du coefficient de compressibilité sur le travail consenti par la roue au gaz.
- L'évolution du débit massique en fonction de la masse moléculaire et du coefficient de compressibilité.
- L'évolution de la puissance absorbée par le compresseur centrifuge en fonction des deux paramètres.

2.Problématique et paramètres du gaz naturel

Le travail spécifique W consenti par la roue au fluide est donné par l'équation d'EULER

$$W = u_2 C_{2u} - u_1 C_{1u}$$

C_{1u}, C_{2u} : Composantes circonférentielles de la vitesse du gaz

Composition des gaz étudiés

	Gaz1	Gaz 2	Gaz 3	Gaz 4	Gaz 5
CH4	0.9370	0.8617	0.7933	0.7100	0.6634
C2H6	0.0292	0.0775	0.1369	0.1770	0.1802
C3H8	0.0180	0.0370	0.0390	0.0652	0.0808
i C4H10	0.0036	0.0069	0.0070	0.0139	0.0259
nC4H10	0.0036	0.0069	0.0070	0.0139	0.0259
i-C5H12	0.0043	0.0050	0.0084	0.0100	0.0119
n-C5H12	0.0043	0.0050	0.0084	0.0100	0.0119

Lois de corrélation de Brill et Beggs

$$Z = A + \frac{(1-A)}{\exp B} + C_{pr}^D$$

$$A = 1.39(T_r - 0.92)^{0.5} - 0.67T_r - 0.101$$

$$B = (T_r - 0.92)p_r - \left[\frac{0.066}{T_r - 0.86} - 0.037 \right] p_r^2$$

$$C = 0.032 - 0.32 \log T_r$$

$$D = 10^{(0.3106 - 0.49T_r + 0.1824T_r^2)}$$

p_r, T_r Pression et température réduites

Masse molaire de chaque mélange gazeux :

$$M = \sum M_i Y_i$$

Chaleur spécifique de chaque mélange $C_{pm} = \sum C_{pi} \cdot C\%$

Masse de chaque constituant: $M_i = X_i \times M$

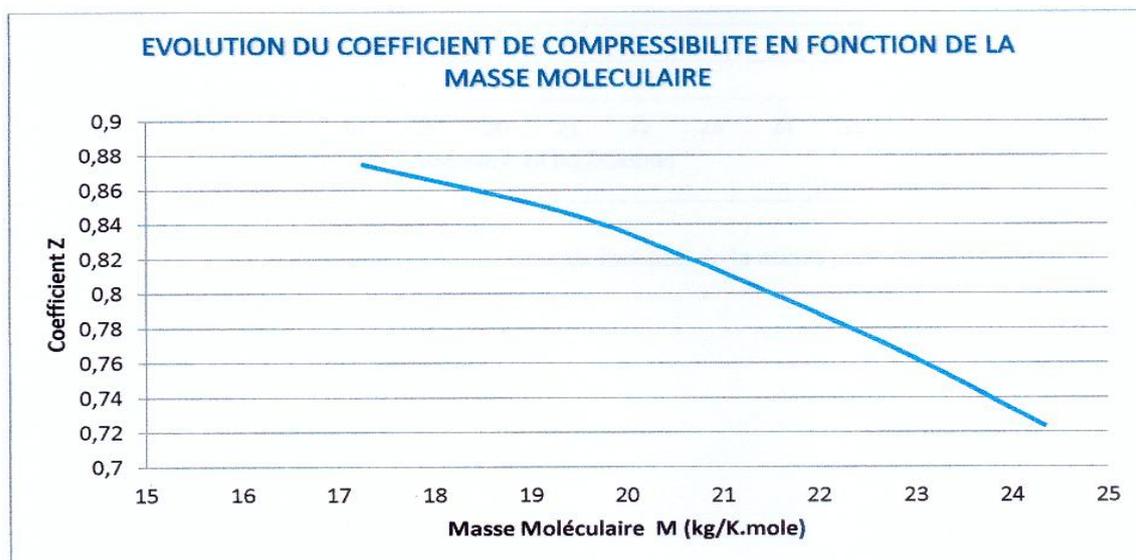
Paramètres de fonctionnement

$$p_{asp} = 45b \quad p_{ref} = 100b \quad T_{asp} = 323.2K \quad T_{ref} = 417.2K \quad N = 13060tr/mn$$

Détermination du coefficient de compressibilité

Le coefficient de compressibilité est la solution de l'équation $Z^3 - Z^2 + (A - B - B^2)Z - AB = 0$

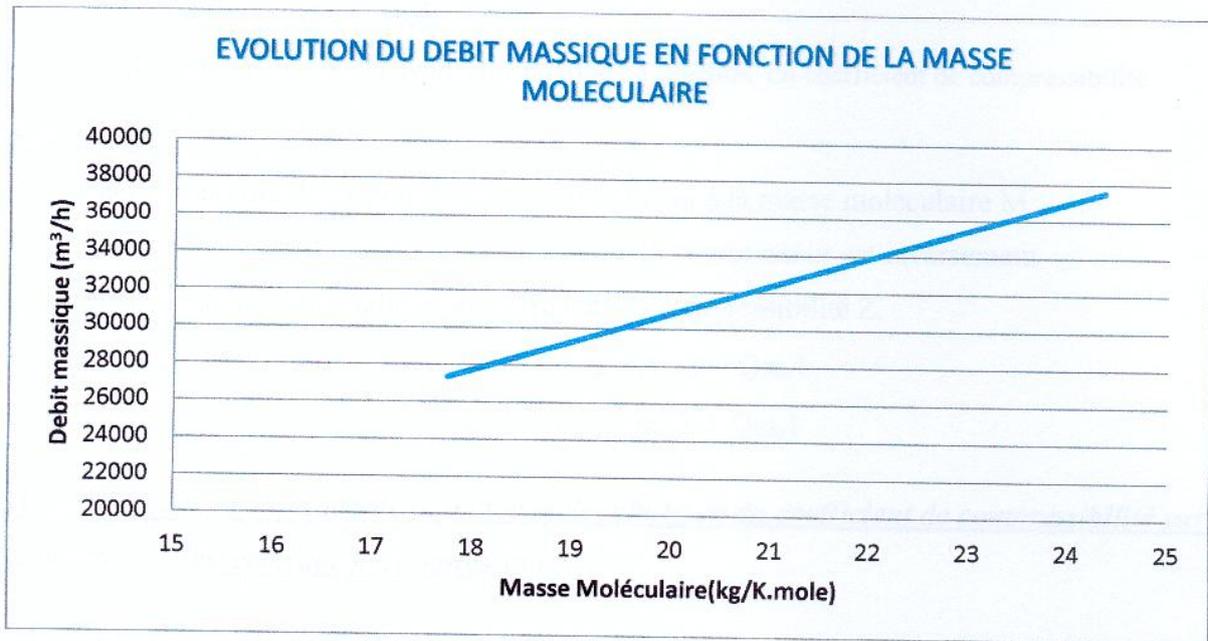
$$T_{rea} = \frac{T_a}{T_{cr}} \quad P_{rea} = \frac{P_a}{P_{cr}} \quad Z_a = 1 - 0,4273 \cdot \frac{P_{rea}}{(T_{rea})^{3,66}} \quad Z_{moy} = \frac{Z_a + Z_r}{2}$$



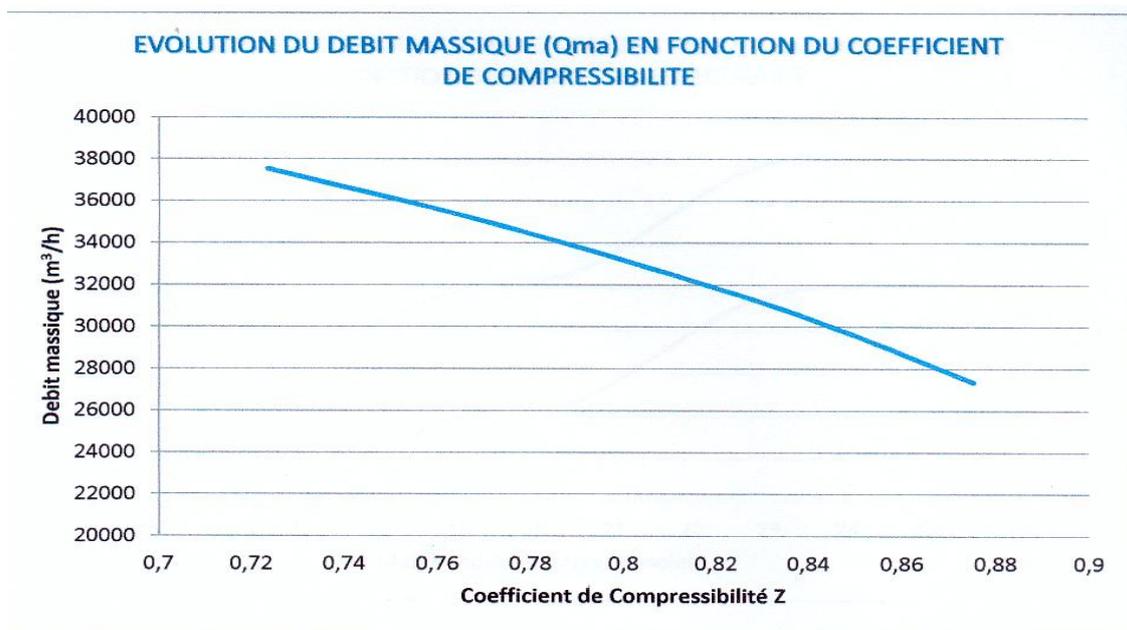
Le coefficient de compressibilité Z diminue avec l'augmentation de la masse moléculaire du gaz

Le débit massique évolue de manière proportionnelle par rapport à la masse molaire du gaz

2.Variation du débit masique du gaz naturel



Cette évolution est inverse par rapport au coefficient de compressibilité du gaz



Evolution des travaux adiabatique et polytropique consentis par la roue

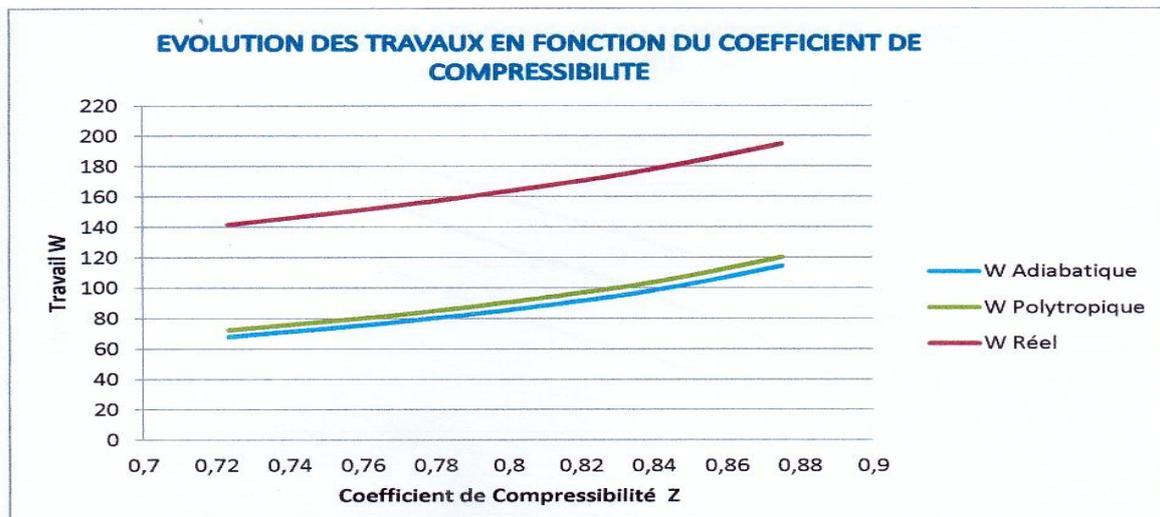
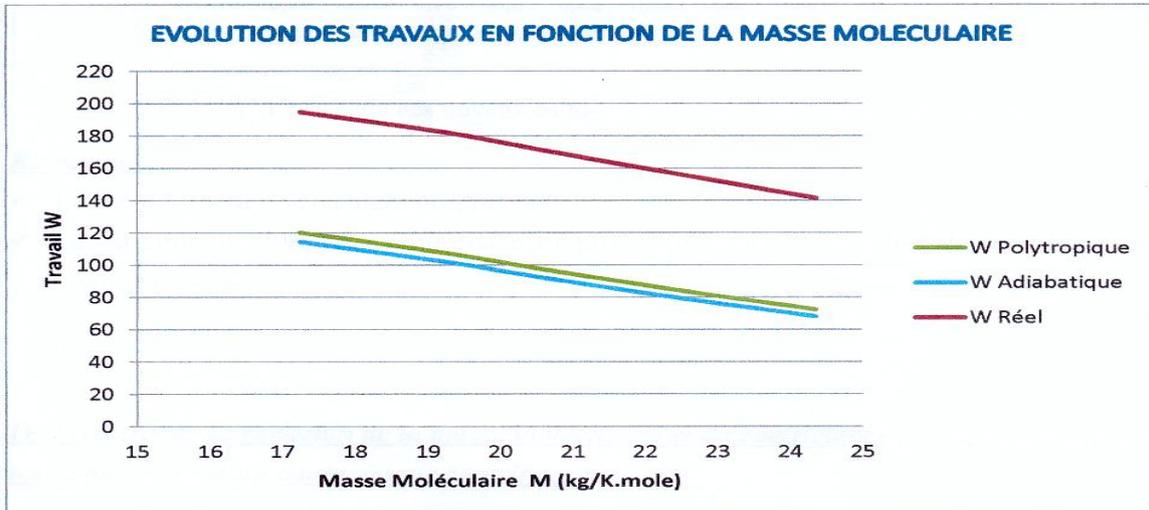
$$W_{\text{adiabatique}} = \frac{K}{K-1} \cdot Z \cdot r_{\text{mei}} \cdot T_1 \left[\tau^{\left(\frac{K-1}{K}\right)} - 1 \right]$$

$$W_{\text{polytropique}} = \frac{n}{n-1} \cdot Z \cdot r_{\text{mei}} \cdot T_1 \left[\tau^{\left(\frac{n-1}{n}\right)} - 1 \right]$$

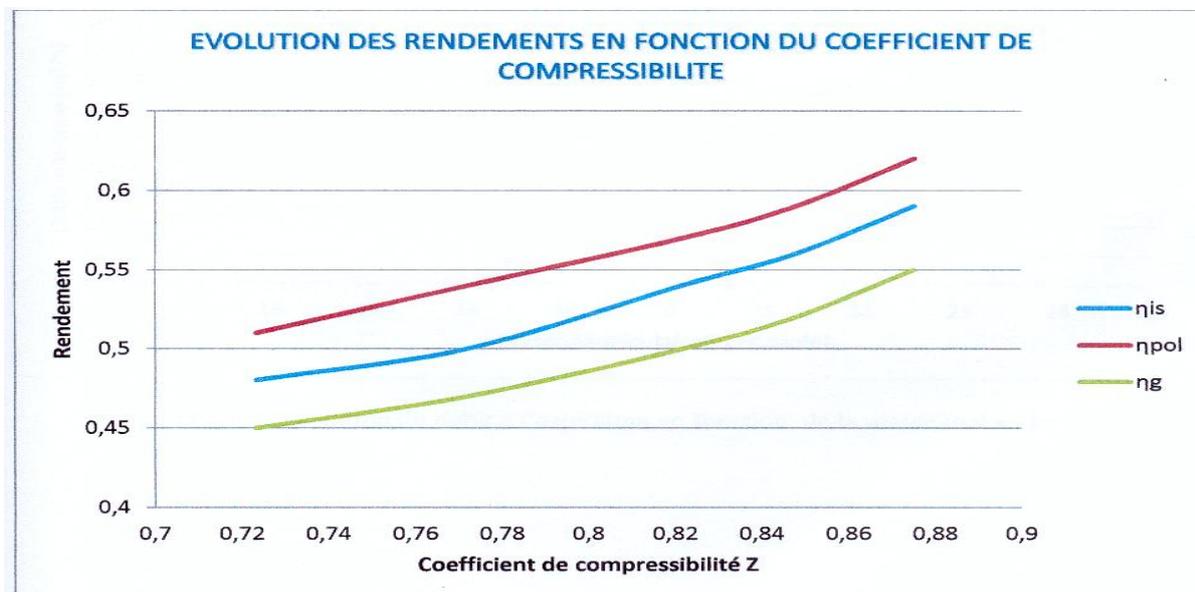
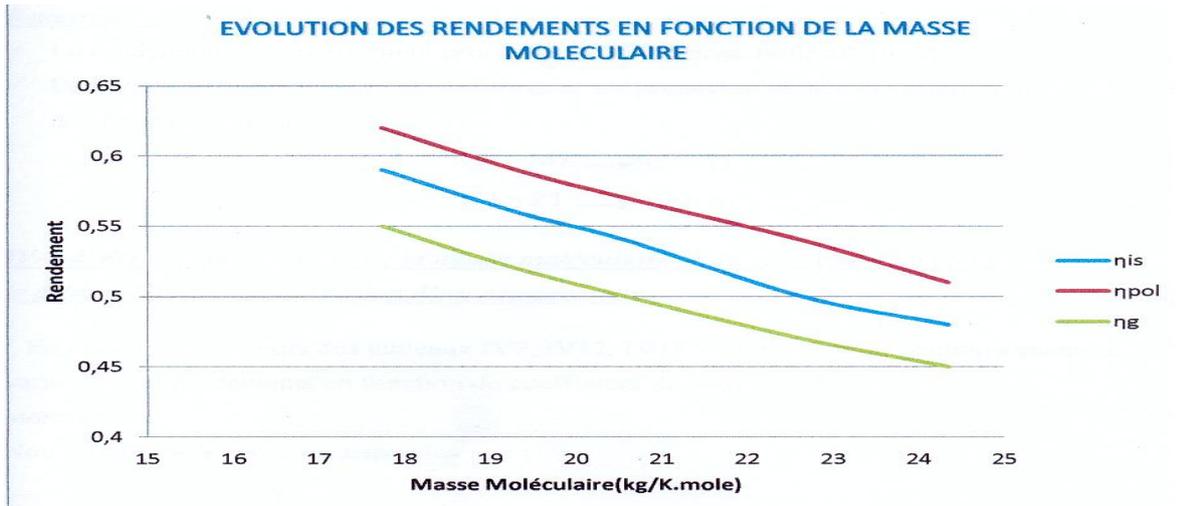
$$W_{\text{réel}} = \frac{K}{K-1} \cdot Z \cdot r_{\text{mei}} \cdot T_1 \left[\tau^{\left(\frac{n-1}{n}\right)} - 1 \right]$$

Interpretation des résultats

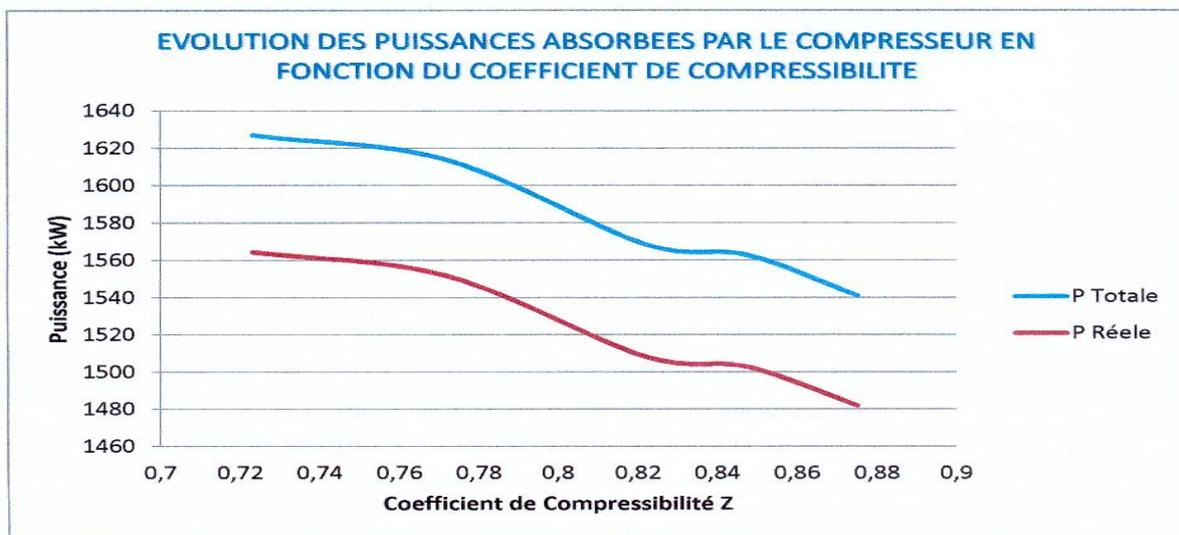
L'augmentation de la masse moléculaire du gaz (donc une diminution du coefficient de compressibilité) conduit à une diminution du travail transmis au gaz.

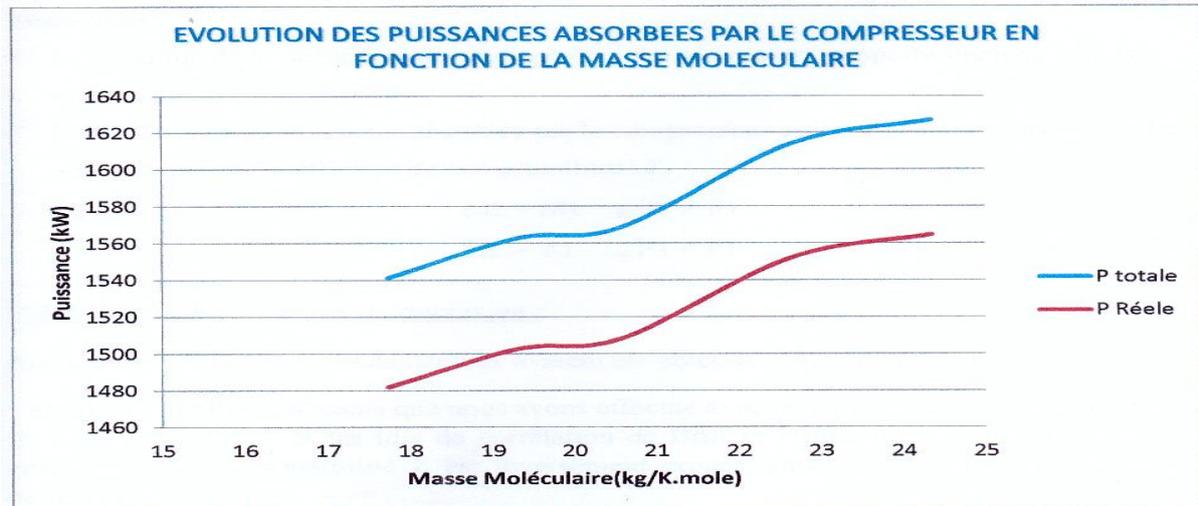


Pour un taux de compression et une vitesse du compresseur donnés (les températures à l'entrée et à la sortie sont connues), l'augmentation de la densité relative du gaz engendre des débits plus élevés ce qui engendre une plus grande consommation d'énergie.



La vitesse de rotation est un paramètre important dans le transfert d'énergie par la roue au fluide. Il est évident que plus la masse molaire est élevée, moins la vitesse de rotation sera grande.





La puissance absorbée augmente avec l'élévation de la masse moléculaire à même vitesse de rotation du compresseur, ce qui confirme l'influence de la force centrifuge.

Les coordonnées du point de fonctionnement hors zone de pompage sont déterminées en fonction du débit réduit et du poids moléculaire du gaz. Ceci reflète l'importance de la masse moléculaire sur la stabilité de fonctionnement du compresseur centrifuge.

Conclusion

Les différents calculs réalisés et l'emploi du logiciel EUCALYPTE nous ont amené à conclure que :

Le coefficient de compressibilité évolue de manière inversement proportionnelle à la masse moléculaire du gaz.

Le travail consenti par la roue au gaz est inversement proportionnel à la masse moléculaire (et proportionnel au coefficient de compressibilité du gaz).

La puissance absorbée par le compresseur centrifuge moléculaire est proportionnelle à la masse du gaz véhiculé.

Références

[1] Feed-gas molecular weight affects centrifugal compressor efficiency oil and gas journal

Volume 106 issue 10 drilling –production

[2] Dynamique des machines tournantes pour la conception des turbines à vapeur et des compresseurs centrifuges. Thèse Jean marc Pugnet

Institut national des sciences appliquées de Lyon 2010

[3] Compresseurs et turbines : énergie, mines et ressources du canada. Série de la gestion de l'énergie.