

Comportement en cours de service des ventouses à basses températures

Capacité de charge de ventouses en cas de températures négatives

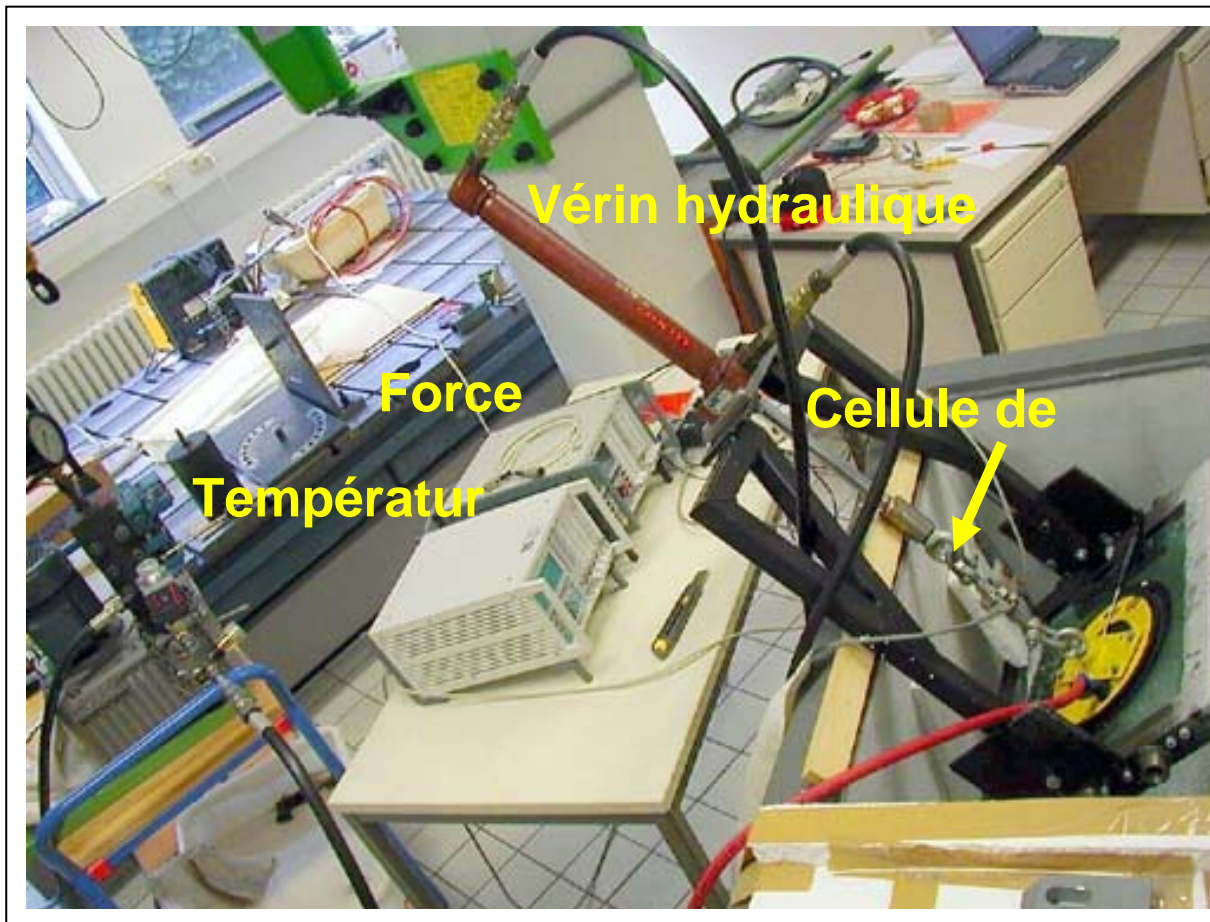
une analyse de la Fachhochschule Kiel
(dans le premier semestre 2003)

sous la direction du Professeur Dr.-Ing. Michael Klausner



Exécution de l'essai

Les ventouses sont placées sur un panneau de verre nettoyé et raccordées à une dépression de 0,6 bar, l'alimentation en dépression étant assurée par une buse Venturi avec accumulateur à vide. La disposition d'essai complète est illustrée par la figure 1. Les ventouses sont sollicitées de manière dynamique par l'intermédiaire d'un vérin hydraulique, la force de traction est déterminée par une cellule de mesure de force et enregistrée par un pont de mesure. La valeur crête de force est lue. Pour les essais de traction perpendiculaires au verre, le dispositif de traction a été placé en diagonale dans le coffre d'essai frigorifique, l'erreur de mesure générée restant alors inférieure à 0,3 %.



La photo montre la disposition d'essai pour la mesure de la température sur les ventouses.

Pour les mesures relatives au sens de traction parallèle au verre, le dispositif a pu être placé à la verticale. Le sens de traction parallèle au verre est le cas de charge en cas de transport à la verticale de la vitre.

Exécution de l'essai

Les ventouses ainsi que le dispositif de traction sont amenés à température d'essai, toutes les ventouses étant restées dans le coffre pour éviter un refroidissement répété.

Pour les ventouses « 388-2003 » (nouveau mélange de caoutchouc de l'entreprise Pannkoke), six températures comprises entre $-30,8\text{ °C}$ et $-5,5\text{ °C}$ ont été paramétrées. La température a été contrôlée par deux points de mesure :

- ◆ directement sur la ventouse
- ◆ par l'intermédiaire d'une sonde Pt100 à réponse rapide pour la température de l'air

Pour une répartition homogène de la température, un ventilateur radial a été monté dans le coffre. Seule la température de l'air était affectée, le dispositif de mesure et les ventouses ont réagi de manière très lente. Pendant l'essai de traction, le coffre a été fermé comme illustré sur la figure.



La photo montre la situation pendant l'essai de traction, à l'avant, l'indication de température pour le point de mesure sur la ventouse.

Résultats

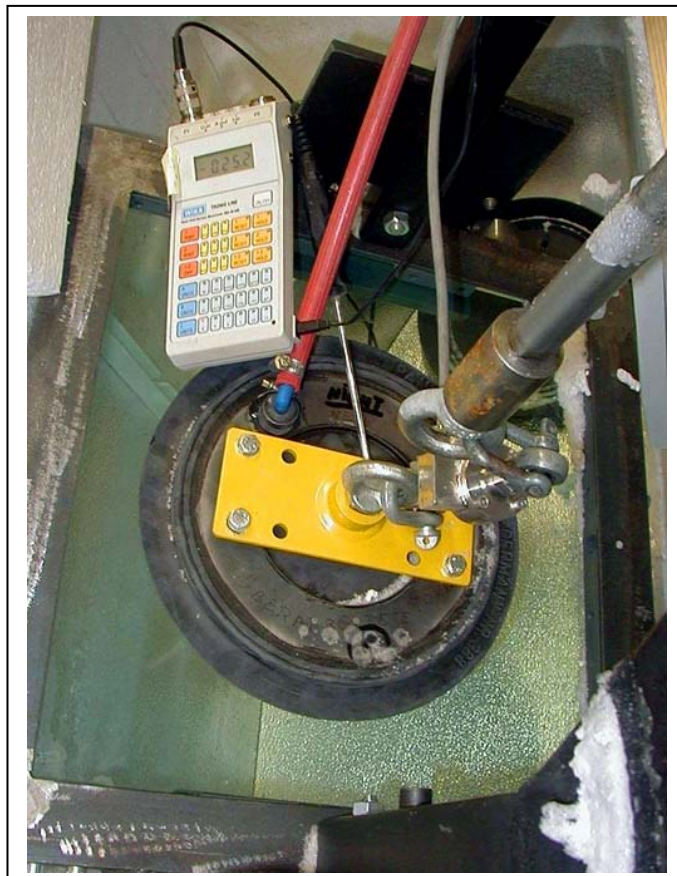
Ventouse « 388-2003 »

(nouveau mélange de caoutchouc, utilisé par Pannkoke depuis début 2003)

Jusqu'à $-31,6^{\circ}\text{C}$, la ventouse était souple et donc en mesure d'assurer une fermeture étanche à l'air, même des points gelés nettement sensibles. Lors de l'arrachage, il a été constaté que la lèvre se rétracte fortement, le coefficient de frottement du mélange de caoutchouc sur gelée blanche ou glace est légèrement en dessous de la valeur pour la combinaison ventilateur/verre sec.

Quasiment indépendamment de la température, la force de traction était de 2 800 N pour la traction verticale au panneau de verre.

Pour la traction parallèle à la vitre, une chute de la force de traction de 3 119 N à $-10,9^{\circ}\text{C}$ à 1 185 N à $-29,8^{\circ}\text{C}$ a été constatée. Les valeurs de mesure pour la traction parallèle se dispersent très fortement et dépendent de la surface (nettoyée, sèche, glacée, gelée blanche) et la vitesse de traction. Une force maximale de 1 750 a pu être enregistrée sous un léger givre. En cas de faible vitesse de traction, une force accrue est constatée.



La photo montre la ventouse « 388-2003 » disposée pour la contrainte verticale à la vitre, température lors de la deuxième série de mesure. Sonde de contrôle de la température sous la plaque-support.

La photo montre la ventouse « 388-2003 » en traction parallèle.



En haut, la lèvre se rétracte en ondulant.

Ventouse « 388-2000 »

(mélange de caoutchouc utilisé par Pannkoke jusqu'à fin 2000)

À $-11,4\text{ °C}$, la ventouse n'est opérationnelle que de manière limitée, en dessous absolument pas. La photo montre que la lèvre en caoutchouc est rigide à $-30,8\text{ °C}$. Au-dessus de $-5,1\text{ °C}$, la ventouse fonctionne.

La force de retenue à la verticale est de 3 400 N, pour la traction parallèle, 3 700 N ont été mesurés.



La photo montre qu'à $-30,8\text{ °C}$, la ventouse est congelée (rigide) et non opérationnelle.

Ventouse « 388-1998

(mélange de caoutchouc utilisé par Pannkoke jusqu'à fin 1999)

La ventouse peut être utilisée de manière limitée à partir de $-17,4\text{ °C}$, la force de traction verticale étant alors de 2 100 N. Bien utilisable à partir de $-5,4\text{ °C}$, la force de traction montant jusqu'à 3 300 N. Lors de la traction parallèle, une capacité de fonctionnement a été constatée à $-10,8\text{ °C}$, la force exercée étant de 3 100 N.

Ventouse « 540 »

La ventouse peut être utilisée de manière limitée à partir de $-11,5\text{ °C}$, la force de traction verticale étant alors de 1 300 N. Bien utilisable à partir de $-5,5\text{ °C}$, la force de traction stagnant à 1300 N. Lors de la traction parallèle, une capacité de fonctionnement a été constatée à $-11,5\text{ °C}$, la force exercée étant de 1 200 N.

Il est à remarquer que la ventouse ne glisse pas, mais qu'elle s'arrache par rotation par dessus le rebord supérieur. Ce qui pourrait s'expliquer par le point d'application élevé de la force de traction par rapport au diamètre.

Remarque de conclusion

Au total, l'essai a mis en évidence une nette dispersion des valeurs de mesure en fonction de l'état de surface.

Résultats de mesure

Sens de traction : à la verticale de la vitre
 , pression : -0,6 bar
 , vitesse de traction moyenne : 3,6 mm/s

ventouse: 388-2003

| Température | | Force [N] |
|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------|
| avant l'essai de traction [°C] | après l'essai de traction [°C] | |
| -31,6 | | 2856,0 |
| -31,1 | | 2773,0 |
| -30,1 | | 2955,0 |
| -30,6 | | 2906,0 |
| -30,6 | | 2781,0 |
| -30,8 | | 2856,0 |
| -30,8 | Moyenne | 2854,5 |

ventouse: 388-2000

| Température | | Force [N] |
|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------|
| avant l'essai de traction [°C] | après l'essai de traction [°C] | |
| -30,8 | | 1851 |
| -30,8 | | 1632 |
| -29,9 | | 1769 |
| -29,6 | | 1750 |
| -30,3 | Moyenne | 1750,5 |

Ventouse congelée (rigide), n'aspire que si fortement comprimée.

| Température | | Force [N] |
|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------|
| avant l'essai de traction [°C] | après l'essai de traction [°C] | |
| -24,5 | | 2735,0 |
| -25,2 | | 2798,0 |
| -26,3 | | 2867,0 |
| -26,0 | | 2783,0 |
| -25,5 | | 2708,0 |
| -26,0 | | 2957,0 |
| -25,6 | Moyenne | 2808,0 |

| Température | | Force [N] |
|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------|
| avant l'essai de traction [°C] | après l'essai de traction [°C] | |

Ventouse congelée (rigide), n'aspire que si fortement comprimée.

| Température | | Force [N] |
|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------|
| avant l'essai de traction [°C] | après l'essai de traction [°C] | |
| -19,9 | -20,2 | 2962,0 |
| -20,2 | -20,6 | 2991,0 |
| -20,2 | -20,6 | 2971,0 |
| -19,8 | -19,6 | 2957,0 |
| -19,2 | -18,6 | 3190,0 |
| -19,8 | -20,7 | 2997,0 |
| -19,9 | Moyenne | 3011,3 |

| Température | | Force [N] |
|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------|
| avant l'essai de traction [°C] | après l'essai de traction [°C] | |

Ventouse congelée (rigide), n'aspire que si fortement comprimée.

Sens de traction : à la verticale de la vitre
 Pression : -0,6 bar
 vitesse de traction moyenne : 3,6 mm/s

ventouse: 388-2003

| Température | | Force [N] |
|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------|
| avant l'essai de traction [°C] | après l'essai de traction [°C] | |
| -16,8 | -16,8 | 2853,0 |
| -16,6 | -16,6 | 2804,0 |
| -16,4 | -16,3 | 2871,0 |
| -16,2 | -16,0 | 2863,0 |
| -16,2 | -16,4 | 2817,0 |
| -16,5 | -16,5 | 2817,0 |
| -16,5 | Moyenne | 2837,5 |

ventouse: 388-2000

| Température | | Force [N] |
|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------|
| avant l'essai de traction [°C] | après l'essai de traction [°C] | |
| -16,9 | | 4057 |
| -16,4 | | 3756 |
| -15,3 | | 3928 |
| -16,2 | Moyenne | 3913,7 |

Ventouse rigide, n'aspire plus de manière autonome, doit être fortement comprimée à la main.

| Température | | Force [N] |
|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------|
| avant l'essai de traction [°C] | après l'essai de traction [°C] | |
| -11,2 | -11,2 | 2967,0 |
| -10,6 | -10,4 | 2699,0 |
| -11,2 | -13,0 | 2719,0 |
| -11,9 | -11,4 | 3004,0 |
| -11,7 | -11,4 | 2961,0 |
| -11,4 | -11,4 | 2871,0 |
| -11,3 | Moyenne | 2870,2 |

avec zones glacées > 1 mm, pas de résultats meilleurs, une fois grattées

| Température | | Force [N] |
|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------|
| avant l'essai de traction [°C] | après l'essai de traction [°C] | |
| -11,6 | | 3741 |
| -11,2 | | 3515 |
| -11,3 | | 3524 |
| -11,9 | | 3588 |
| -11,2 | | 3559 |
| -11,4 | Moyenne | 3585,4 |

La ventouse est tout juste flexible, s'aspire sous l'effet d'une légère pression.

| Température | | Force [N] |
|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------|
| avant l'essai de traction [°C] | après l'essai de traction [°C] | |
| -6,1 | | 2791,0 |
| -5,4 | | 2703,0 |
| -4,6 | | 2756,0 |
| -5,0 | | 2784,0 |
| -6,3 | | 2779,0 |
| -5,6 | | 2748,0 |
| -5,5 | Moyenne | 2760,2 |

détachée

| Température | | Force [N] |
|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------|
| avant l'essai de traction [°C] | après l'essai de traction [°C] | |
| -5,9 | | 3626 |
| -5,4 | | 3486 |
| -4,7 | | 3406 |
| -5,3 | | 3326 |
| -5,0 | | 3405 |
| -4,5 | | 3368 |
| -5,1 | Moyenne | 3436,2 |

La ventouse aspire de manière utile

Sens de traction : à la verticale de la vitre
 Pression : -0,6 bar
 vitesse de traction moyenne : 3,6 mm/s

ventouse: 388-1998

| Température | | Force [N] |
|--|--------------------------------------|--------------|
| avant l'essai de traction [°C] | après l'essai de traction [°C] | |
| Ventouse congelée (rigide), n'aspire que si fortement comprimée. | | |

| Température | | Force [N] |
|--|--------------------------------------|--------------|
| avant l'essai de traction [°C] | après l'essai de traction [°C] | |
| Ventouse congelée (rigide), n'aspire que si fortement comprimée. | | |

| Température | | Force [N] |
|--|--------------------------------------|---------------|
| avant l'essai de traction [°C] | après l'essai de traction [°C] | |
| -21 | | 2830 |
| -20,9 | | 2995 |
| -21,5 | | 3213 |
| -21,8 | | 3516 |
| -20,1 | | 3665 |
| -21,06 | Moyenne | 3243,8 |
| Ventouse tout juste flexible, devient de plus en plus souple au cours de l'essai. Comprimée à la main | | |

ventouse: 540

| Température | | Force [N] |
|--|--------------------------------------|--------------|
| avant l'essai de traction [°C] | après l'essai de traction [°C] | |
| Ventouse congelée (rigide), n'aspire que si fortement comprimée. | | |

| Température | | Force [N] |
|--|--------------------------------------|--------------|
| avant l'essai de traction [°C] | après l'essai de traction [°C] | |
| -24,5 | -24,5 | 1115 |
| -25,5 | -25,3 | 927 |
| -26,3 | -26,1 | 628 |
| -25,4 | | |
| Ventouse rigide, n'aspire plus de manière autonome, doit être fortement comprimée à la main. | | |

| Température | | Force [N] |
|--|--------------------------------------|---------------|
| avant l'essai de traction [°C] | après l'essai de traction [°C] | |
| -20,9 | -20,2 | 1485 |
| -19,5 | -19,6 | 1767 |
| -19,3 | -17,4 | 1889 |
| -19,4 | -19,5 | 1868 |
| -19,8 | Moyenne | 1752,3 |
| valeur maximale sur vitre glacée, puis débarrassée de la glace par grattage ; ventouse rigide, comprimée à la main. | | |

Sens de traction : à la verticale de la vitre
 Pression : -0,6 bar
 vitesse de traction moyenne : 3,6 mm/s

ventouse: 388-1998

| Température | | Force |
|---|---------------------------|---------------|
| avant l'essai de traction | après l'essai de traction | |
| [°C] | [°C] | [N] |
| -16,8 | | 1959 |
| -17,7 | | 2281 |
| -17,6 | | 2282 |
| -17,4 | Moyenne | 2174,0 |
| La ventouse est tout juste flexible, s'aspire sous l'effet d'une légère pression. | | |

| Température | | Force |
|--|---------------------------|---------------|
| avant l'essai de traction | après l'essai de traction | |
| [°C] | [°C] | [N] |
| -11,5 | | 3172 |
| -11,3 | -11,1 | 3119 |
| -11,7 | | 2513 |
| -11,6 | -11,7 | 2103 |
| -12,6 | | 3677 |
| -11,7 | Moyenne | 2916,8 |
| Pour 3 et 4, vitre légèrement glacée, aspiration avec une forte pression Pour 5, vitre relâchée et 3 min d'attente, aspiration avec une légère pression | | |

| Température | | Force |
|--|---------------------------|---------------|
| avant l'essai de traction | après l'essai de traction | |
| [°C] | [°C] | [N] |
| -6,3 | | 3478 |
| -5,7 | | 3441 |
| -5,1 | | 3301 |
| -4,6 | | 3511 |
| -5,4 | | 3259 |
| -5,1 | | 3408 |
| -5,4 | Moyenne | 3399,7 |
| Pour la valeur 4, ventouse détachée - ventouse aspire bien | | |

ventouse: 540

| Température | | Force |
|--|---------------------------|---------------|
| avant l'essai de traction | après l'essai de traction | |
| [°C] | [°C] | [N] |
| -16,6 | -16,4 | 1751 |
| -17,6 | -17,6 | 1853 |
| -16,4 | -16,1 | 1851 |
| -16,9 | Moyenne | 1818,3 |
| Ventouse rigide, n'aspire plus de manière autonome, doit être comprimée à la main. | | |

| Température | | Force |
|--|---------------------------|---------------|
| avant l'essai de traction | après l'essai de traction | |
| [°C] | [°C] | [N] |
| -11,2 | | 1076 |
| -11,2 | | 1093 |
| -12,9 | | 1583 |
| -12,0 | | 1546 |
| -11,0 | | 1540 |
| -10,9 | | 1540 |
| -11,5 | Moyenne | 1396,3 |
| Pour la valeur 3, ventouse et vitre détachées, légère pression | | |

| Température | | Force |
|--|---------------------------|---------------|
| avant l'essai de traction | après l'essai de traction | |
| [°C] | [°C] | [N] |
| -5,1 | | 1449 |
| -5,8 | | 1497 |
| -5,8 | | 1492 |
| -5,3 | | 1489 |
| -5,3 | | 821 |
| -5,5 | Moyenne | 1349,6 |
| Pour la valeur 4, vitre légèrement recouverte de glace la ventouse aspire de manière utile | | |

Sens de traction : parallèle à la vitre
 Pression : -0,6 bar
 vitesse de traction moyenne : 3,6 mm/s

ventouse: 388-2003

| Température | | Force |
|---------------------------|---------------------------|---------------|
| avant l'essai de traction | après l'essai de traction | |
| [°C] | [°C] | [N] |
| | -12,3 | 2750,0 |
| -11,8 | -12,1 | 3016,0 |
| -11,2 | -11,5 | 3227,0 |
| -11,0 | 11,2 | 3269,0 |
| -11,0 | -10,9 | 3208,0 |
| -9,6 | -10,4 | 3245,0 |
| -10,9 | Moyenne | 3119,2 |

ventouse: 388-2000

| Température | | Force |
|---------------------------|---------------------------|---------------|
| avant l'essai de traction | après l'essai de traction | |
| [°C] | [°C] | [N] |
| -10,5 | | 2830 |
| -10,2 | | 3487 |
| -10,2 | | 3870 |
| -9,4 | | 4048 |
| -9,5 | | 4092 |
| -10,8 | | 3982 |
| -10,1 | Moyenne | 3718,2 |

Ventouse congelée (rigide), n'aspire que si comprimée, s'assouplit au cours de l'essai

| Température | | Force |
|---------------------------|---------------------------|---------------|
| avant l'essai de traction | après l'essai de traction | |
| [°C] | [°C] | [N] |
| -29,9 | | 902,0 |
| -29,9 | nettoyée | 1284,0 |
| -29,7 | | 1271,0 |
| -29,5 | | 1165,0 |
| -29,6 | | 1288,0 |
| -30,1 | | 1221,0 |
| -29,8 | Moyenne | 1188,5 |

traction lente, 0,3 mm/s, début d'allongement 1 970 N

fine couche de gelée blanche provoquant une augmentation du coefficient de frottement :

nettoyé : 1 067 N, puis

force de traction max. après plusieurs passages :

Autres ventouses en moyenne non opérationnelles à -29,8 °C.