

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 13.07.16.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 19.01.18 Bulletin 18/03.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : PFEIFFER VACUUM Société par
actions simplifiée — FR.

72 Inventeur(s) : MANDALLAZ ERIC et SANTI CHRIS-
TOPHE.

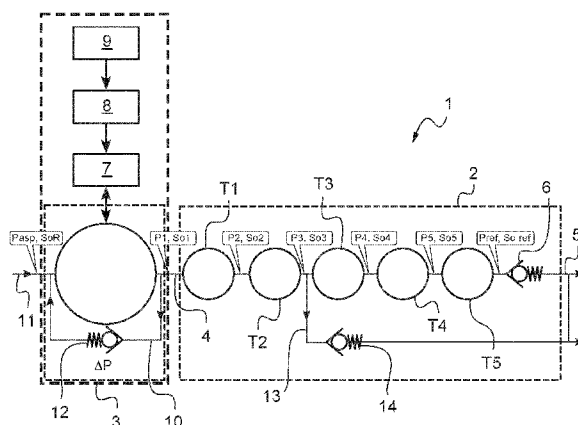
73 Titulaire(s) : PFEIFFER VACUUM Société par actions
simplifiée.

74 Mandataire(s) : CABINET INNOVINCIA Société à res-
ponsabilité limitée.

54 PROCÉDE DE DESCENTE EN PRESSION DANS UN SAS DE CHARGEMENT ET DE DECHARGEMENT ET
GROUPE DE POMPAGE ASSOCIE.

57 L'invention concerne un procédé de descente en pres-
sion dans un sas de chargement et de déchargement d'un
substrat à pression atmosphérique par un groupe de pom-
page (1) comportant une pompe à vide primaire (2) et une
pompe à vide secondaire (3) agencée en amont de ladite
pompe à vide primaire (2) dans le sens d'écoulement des
gaz à pomper, caractérisé en ce qu'au cours de la descente
en pression jusqu'à ce que la pression dans le sas de char-
gement et de déchargement atteigne un seuil de basse
pression prédéfini, on contrôle la vitesse de rotation de la
pompe à vide secondaire (3) en fonction d'un paramètre de
fonctionnement de la pompe à vide secondaire (3) pour aug-
menter le débit engendré par la pompe à vide secondaire
(SoR) de sorte que le débit engendré par la pompe à vide
secondaire (SoR) soit compris dans une plage dont la valeur
haute correspond à six fois le débit engendré par la pompe
à vide primaire (Sol) et la valeur basse à 1, 3 fois le débit
engendré par la pompe à vide primaire (Sol).

L'invention concerne également un groupe de pompage
pour la mise en oeuvre dudit procédé de descente en pres-
sion.



Procédé de descente en pression dans un sas de chargement et de déchargement et groupe de pompage associé

La présente invention concerne un procédé de descente en pression dans un sas de chargement et de déchargement (ou « load-lock » en anglais) d'un substrat, tel qu'un écran plat d'affichage (« ou flat panel display » en anglais) ou un substrat photovoltaïque, depuis une pression atmosphérique vers une basse pression pour le chargement et le déchargement du substrat dans une chambre de traitement maintenue à basse pression. La présente invention concerne également un groupe de pompage associé pour la mise en œuvre dudit procédé de descente en pression.

Dans certains procédés de fabrication, une étape importante consiste à traiter un substrat sous atmosphère contrôlée à très basse pression dans une chambre de procédés. Pour maintenir une cadence acceptable et pour éviter la présence de toute impureté et de toute pollution, l'atmosphère environnant le substrat est d'abord descendu à basse pression par un sas de chargement et de déchargement communiquant avec la chambre de procédés.

Pour cela, le sas comporte une enceinte étanche dont une première porte met en communication l'intérieur de l'enceinte avec une zone sous pression atmosphérique, telle qu'une salle blanche, pour le chargement d'au moins un substrat. L'enceinte du sas est raccordée à un groupe de pompage permettant de descendre la pression dans l'enceinte jusqu'à atteindre une basse pression appropriée similaire à celle régnant dans la chambre de procédés de manière à pouvoir transférer le substrat vers la chambre de procédés. Le sas comporte en outre une deuxième porte pour le déchargement du substrat dans la chambre de procédés après avoir été mis sous vide. Ce même sas est généralement également utilisé pour la remontée en pression du substrat à l'issue de son traitement, et son déchargement à pression atmosphérique.

On comprend cependant que chaque chargement ou déchargement de substrats nécessite de descendre puis de remonter alternativement la pression dans l'enceinte du sas, ce qui implique l'intervention fréquente du groupe de pompage. On comprend également que l'établissement du vide dans l'enceinte du sas n'est pas instantané et que cela constitue une limite à la vitesse globale du processus de fabrication. Cette limite est d'autant plus sensible lorsque les substrats sont de grande dimension. Tel est le cas notamment, pour la fabrication des écrans plats d'affichage ou de substrats photovoltaïques, l'enceinte du sas ayant nécessairement le volume approprié pour contenir un ou plusieurs écrans plats. Par exemple, actuellement, les enceintes des sas utilisées pour la fabrication des écrans plats ont des gros volumes, généralement de l'ordre de 500 à 1000 litres, et dépassant parfois 5000 litres, qu'il faut donc pomper le plus rapidement possible.

On utilise pour cela des groupes de pompage particulièrement puissants, notamment pour assurer le pompage à l'ouverture du sas, lorsque la pression dans l'enceinte est à pression atmosphérique.

5 Généralement, le groupe de pompage comporte une ou plusieurs pompes à vide primaires et une pompe à vide secondaire, telle qu'une pompe à vide monoétagée de type Roots. La pompe à vide secondaire est agencée en amont de la pompe primaire dans le sens d'écoulement des gaz à pomper. Elle a pour principal but de « booster » la vitesse de pompage globale du groupe de pompage à basse pression.

10 Le débit engendré par la pompe à vide secondaire peut être de l'ordre de cinq fois le débit engendré par la pompe primaire. Du fait du fort flux gazeux à l'ouverture du sas, une importante pression est générée au refoulement de la pompe à vide secondaire, pouvant atteindre jusqu'à 4 bar (ou 3 bar relatifs). Cette forte surpression provoque une consommation très importante de la pompe à vide secondaire et un engorgement à l'aspiration de la pompe à vide primaire, constituant un risque de dysfonctionnement à la fois pour la pompe à vide primaire et pour la pompe à vide
15 secondaire.

Pour éviter cela, une solution connue consiste à agencer une canalisation raccordant l'entrée de la pompe à vide primaire à l'entrée de la pompe à vide secondaire. La canalisation est équipée d'un clapet de recirculation (ou « bypass » en anglais), taré pour s'ouvrir lorsque la différence de pression entre l'aspiration et le refoulement de la pompe à vide secondaire devient trop importante,
20 généralement taré pour s'ouvrir pour une différence de pression maximale comprise entre 50 et 80 mbar. Ainsi, le clapet de recirculation s'ouvre au début de la descente en pression, pour faire circuler le surplus du flux gazeux du refoulement vers l'aspiration de la pompe à vide secondaire. Puis, pour une différence de pression amont/aval de la pompe à vide secondaire inférieure à 50 ou 80 mbar, le clapet de recirculation se ferme. A haute pression, la descente en pression est donc
25 uniquement assurée par la pompe à vide primaire, le rôle de la pompe à vide secondaire n'est alors plus que de participer à la « recirculation » du flux gazeux.

Le clapet de recirculation permet ainsi de protéger la pompe à vide primaire en dérivant le surplus de flux gazeux. Cette recirculation permet également de protéger thermiquement la pompe à vide secondaire en évitant que sa pression de refoulement ne devienne trop importante.

30 La baisse de la pression dans le sas engendre ensuite la réduction de pression au refoulement de la pompe à vide secondaire et la fermeture du clapet de recirculation, permettant ainsi à la pompe à vide secondaire de commencer à comprimer les gaz à pomper à partir d'une pression dans le sas généralement de l'ordre de 200 mbar.

Ce dispositif de l'état de la technique peut cependant présenter certains inconvénients.

Au démarrage de la descente en pression, la vitesse de pompage globale initiale du groupe de pompage est faible car le pompage est uniquement assuré par la pompe à vide primaire.

En outre, jusqu'à ce que la pression dans le sas atteigne quelques mbar, la puissance consommée par la pompe à vide secondaire est importante et perdue du fait de la recirculation du flux gazeux.

Un autre problème réside dans le fait que le clapet de recirculation fonctionne de manière pulsatoire, s'ouvrant et se refermant cycliquement très rapidement notamment du fait du principe de pompage cyclique de la pompe à vide secondaire volumétrique. De cela peuvent résulter des risques d'usure mécanique prématurée du clapet de recirculation et donc des risques de fuites. Egalement, le fonctionnement pulsatoire du clapet de recirculation peut être à l'origine de bruits parasites.

Par ailleurs, les gaz qui circulent dans la canalisation du clapet de recirculation sont chauds, du fait de la compression de la pompe à vide secondaire. Ces gaz chauds recyclés peuvent également contribuer au réchauffement de la pompe à vide secondaire.

Un des buts de la présente invention est donc de proposer un procédé de descente en pression dans un sas de chargement et de déchargement et un groupe de pompage associé qui résolvent au moins en partie les problèmes de l'état de la technique, en permettant notamment d'augmenter la vitesse de pompage au démarrage de la descente en pression tout en réduisant la puissance consommée par la pompe à vide secondaire.

Un autre but de la présente invention est de protéger la pompe à vide primaire et la pompe à vide secondaire des risques d'endommagement liés au surplus de flux gazeux à l'ouverture du sas à pression atmosphérique.

Un autre but de la présente invention est de limiter les risques d'usure du clapet de recirculation et le réchauffement de la pompe à vide secondaire par les gaz chauds « recyclés ».

A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de descente en pression dans un sas de chargement et de déchargement d'un substrat à pression atmosphérique par un groupe de pompage comportant une pompe à vide primaire et une pompe à vide secondaire agencée en amont de ladite pompe à vide primaire dans le sens d'écoulement des gaz à pomper, caractérisé en ce qu'au cours de la descente en pression et jusqu'à ce que la pression dans le sas de chargement et de déchargement atteigne un seuil de basse pression prédéfini, on contrôle la vitesse de rotation de la pompe à vide secondaire en fonction d'un paramètre de fonctionnement de la pompe à vide secondaire pour augmenter le débit engendré par la pompe à vide secondaire de sorte que le débit engendré par la pompe à vide secondaire soit compris dans une plage dont la valeur haute correspond à six fois le

débit engendré par la pompe à vide primaire et la valeur basse à 1, 3 fois le débit engendré par la pompe à vide primaire.

Selon une ou plusieurs caractéristiques du procédé de descente en pression, prise seule ou en combinaison,

- 5 - le paramètre de fonctionnement de la pompe à vide secondaire est un paramètre du moteur de la pompe à vide secondaire,
- on commence à contrôler la vitesse de rotation de la pompe à vide secondaire en fonction d'un paramètre de fonctionnement de la pompe à vide secondaire lorsque l'on détecte que la valeur d'un paramètre de fonctionnement de la pompe à vide
- 10 secondaire dépasse un seuil de lancement prédéfini pendant une première durée prédéfinie,
- si la valeur d'un paramètre de fonctionnement de la pompe à vide secondaire est supérieure à un seuil de sécurité prédéfini au-delà d'une deuxième durée prédéterminée, on force la diminution de la vitesse de rotation de la pompe à vide
- 15 secondaire,
- si la valeur d'un paramètre de fonctionnement de la pompe à vide secondaire est inférieure à un seuil d'attente prédéfini au-delà d'une troisième durée prédéterminée, on contrôle la vitesse de rotation de la pompe à vide secondaire à une vitesse de rotation fixe réduite.
- 20 L'invention a aussi pour objet un groupe de pompage comportant une pompe à vide primaire et une pompe à vide secondaire, ladite pompe à vide secondaire étant agencée en amont de ladite pompe à vide primaire dans le sens d'écoulement des gaz à pomper et comportant un variateur de fréquence, caractérisé en ce que la pompe à vide secondaire comporte une unité de contrôle reliée au variateur de fréquence, configuré pour contrôler la vitesse de rotation de la
- 25 pompe à vide secondaire en fonction d'un signal représentatif d'un paramètre de fonctionnement de la pompe à vide secondaire, de sorte qu'au cours de la descente en pression et jusqu'à ce que la pression dans le sas de chargement et de déchargement atteigne un seuil de basse pression prédéfini, le débit engendré par la pompe à vide secondaire soit augmenté et compris dans une plage dont la valeur haute correspond à six fois le débit engendré par la pompe à vide primaire et la
- 30 valeur basse, à 1,3 fois le débit engendré par la pompe à vide primaire.

Selon un exemple de réalisation particulier, la pompe à vide primaire comporte un module de délestage d'un étage de pompage.

Le signal représentatif d'un paramètre de fonctionnement de la pompe à vide secondaire est par exemple un paramètre du moteur de la pompe à vide secondaire, tel que le courant ou la puissance.

5 Selon un exemple de réalisation, le groupe de pompage comporte une canalisation de recirculation raccordant l'entrée de la pompe à vide primaire à l'entrée de la pompe à vide secondaire, la canalisation de recirculation comportant un module de décharge configuré pour s'ouvrir dès que la pression d'aspiration de la pompe à vide primaire dépasse la pression d'aspiration de la pompe à vide secondaire d'une valeur de dépassement prédéfinie comprise entre 100 et 400 mbar.

10 La pompe à vide secondaire est par exemple une pompe à vide de type ROOTS.

En maintenant le débit engendré par la pompe à vide secondaire supérieur à 1,3 fois le débit engendré par la pompe à vide primaire et inférieur à six fois le débit engendré par la pompe à vide primaire au cours de la descente en pression et jusqu'à ce que la pression dans le sas de chargement et de déchargement atteigne un seuil de basse pression prédéfini, on adapte le rapport des débits
15 engendrés entre la pompe à vide primaire et la pompe à vide secondaire pour qu'il soit optimal. Plus précisément, on maintient un débit engendré par la pompe à vide secondaire admissible pour le fort flux gazeux initial, c'est-à-dire inférieur à six fois le débit engendré par la pompe à vide primaire. Simultanément, on maintient un débit engendré optimisé pour la pompe à vide primaire, c'est-à-dire supérieur à 1,3 fois le débit engendré par la pompe à vide primaire pour assurer au plus tôt,
20 une compression des gaz.

La différence de pression entre l'aspiration et le refoulement de la pompe à vide secondaire reste alors inférieure à une valeur comprise entre 150 et 300 mbar. La canalisation et le clapet de recirculation du dispositif de l'art antérieur, taré pour s'ouvrir pour un différentiel de pression de la pompe à vide secondaire compris entre 50 et 80 mbar, peuvent alors être supprimés. Par sécurité, le
25 groupe de pompage peut toutefois comporter un module de décharge configuré pour s'ouvrir dès que la différence de pression entre l'aspiration et le refoulement de la pompe à vide secondaire dépasse une valeur plus élevée, comprise entre 100 et 400 mbar, selon la valeur du rapport des débits qui est retenue et selon les réglages de sécurité mécanique, permettant de protéger les pompes à vide notamment le temps que le contrôle de vitesse soit effectif.

30 Dès que la vitesse de rotation de la pompe à vide secondaire est contrôlée, la pompe à vide secondaire n'est plus « court-circuitée », comme elle l'était au-dessus d'une pression de 200mbar dans le sas de l'état de la technique, mais elle est utilisée comme si elle était le véritable premier étage de pompage de la pompe à vide primaire. Les caractéristiques de fonctionnement de la pompe à vide secondaire sont ainsi adaptées aux capacités de la pompe à vide primaire de sorte que la

pompe à vide secondaire peut être efficace quasiment dès la pression atmosphérique. De cela résulte une baisse importante de la puissance consommée ainsi qu'une augmentation de la vitesse de pompage globale du groupe de pompage au début de la descente en pression, et donc, une réduction du temps de descente en pression dans le sas. Par exemple, dans la gamme de pression allant de 1000 mbar à 20mbar, la vitesse de pompage augmente de 20 à 50%, comparée à la vitesse de pompage des dispositifs de l'état antérieur. De même, le temps global de descente en pression dans l'enceinte d'un sas de 500 litres entre une pression voisine de 1000 mbar à une pression de transfert de l'ordre de 0,1 mbar passe de 25 à 20 secondes, soit une réduction de l'ordre de 20%.

En outre, étant donné que le module de décharge s'ouvre à une pression plus haute que le clapet de recirculation de l'état de la technique et qu'ensuite le rapport des débits entre les pompes à vide primaire et secondaire est optimisé, la pression de refoulement de la pompe à vide secondaire diminue rapidement de sorte que le module de décharge n'est que très peu de temps ouvert. Etant peu sollicité, le module de décharge s'use moins vite et est moins bruyant. En outre, peu de gaz circule dans la canalisation de recirculation, ce qui évite la surchauffe de la pompe à vide secondaire par les gaz comprimés chauds.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description suivante, donnée à titre d'exemple, sans caractère limitatif, en regard des dessins annexés sur lesquels:

- la figure 1 représente une vue schématique d'un groupe de pompage selon l'invention,
- la figure 2 est un graphique illustrant une descente en pression dans un sas de chargement et de déchargement raccordé au groupe de pompage de la figure 1, avec en abscisse : la pression dans l'enceinte du sas (en mbar), sur l'ordonnée de droite : la fréquence de rotation de la pompe à vide secondaire (en Hz) et sur l'ordonnée de gauche : la puissance consommée par la pompe à vide secondaire (en kW),
- la figure 3 est un graphique analogue à la figure 2 avec sur l'ordonnée de droite : le rapport du débit engendré de la pompe à vide secondaire sur le débit engendré de la pompe à vide primaire, et
- la figure 4 est un graphique illustrant les vitesses de pompage (en m³/h) d'une pompe à vide primaire seule, du groupe de pompage selon l'invention et d'un dispositif de pompage de l'état de la technique, au cours d'une descente en pression en fonction de la pression dans l'enceinte du sas de chargement et de déchargement (en mbar).

Sur ces figures, les éléments identiques portent les mêmes numéros de référence.

On définit par « pression atmosphérique », la pression environnante à l'extérieur du sas de chargement et de déchargement du substrat, telle que la pression régnant dans une salle dans laquelle évoluent les opérateurs de salle blanche, c'est-à-dire une pression de l'ordre de 10^5 Pascal (1000 mbar) ou légèrement supérieure pour privilégier le sens du flux vers l'extérieur de l'enceinte.

- 5 On définit par « débit engendré » (ou volume engendré), la cylindrée correspondante au volume entraîné par les rotors de la pompe à vide multipliée par le nombre de tours minute.

La figure 1 représente un exemple de groupe de pompage 1 destiné à être raccordé à une enceinte de sas de chargement et de déchargement (ou « load lock » en anglais) via une vanne d'isolation (non représentée).

De façon connue en soi, le sas de chargement et de déchargement comporte une enceinte étanche dont une première porte met en communication l'intérieur de l'enceinte avec une zone sous pression atmosphérique, telle qu'une salle blanche, pour le chargement d'au moins un substrat de grand volume, tel qu'un écran plat d'affichage (« flat panel display » en anglais) ou un substrat photovoltaïque. De tels sas présentent un volume généralement compris entre 500 et 5000 litres.

Le sas comporte en outre une deuxième porte pour le déchargement du substrat dans la chambre de procédés après mise sous vide, ainsi qu'un dispositif d'introduction d'un gaz neutre, notamment pour le retour à la pression atmosphérique après traitement du substrat.

Le groupe de pompage 1 comporte une pompe à vide primaire 2 et une pompe à vide secondaire 3 agencée en amont de la pompe à vide primaire 2 dans le sens d'écoulement des gaz à pomper.

La pompe à vide primaire 2 comporte par exemple une pompe à vide sèche multiétagée, à lobes rotatifs tels que de type Roots avec deux ou trois lobes (bi-lobes, tri-lobes). Selon d'autres modes de réalisation non décrits, la pompe à vide primaire comporte plusieurs pompes en série ou en parallèle. Par ailleurs, d'autres principes de pompage classiques peuvent être utilisés pour la pompe à vide primaire.

La pompe à vide primaire 2 schématisée sur la figure 1 comporte par exemple cinq étages de pompage T1, T2, T3, T4, T5, raccordés en série les uns à la suite des autres avec un débit engendré décroissant avec la position de l'étage de pompage dans la série, et entre lesquels circule un gaz à pomper entre une entrée d'admission 4 et un refoulement 5.

De façon générale, une pompe à vide à lobes rotatifs " Roots " comprend deux rotors de profils identiques, portés par deux arbres s'étendant dans les étages de pompage T1, T2, T3, T4, T5 et entraînés par un moteur de la pompe à vide primaire 2 (non représenté) pour tourner à l'intérieur d'un stator en sens opposé. Lors de la rotation, le gaz aspiré est emprisonné dans l'espace libre

compris entre les rotors et le stator, puis il est refoulé. Le fonctionnement s'effectue sans aucun contact mécanique entre les rotors et le stator de la pompe à vide primaire 2, ce qui permet l'absence totale d'huile dans les étages de pompage T1, T2, T3, T4, T5.

Dans l'exemple illustré, le premier étage de pompage T1 de la pompe à vide primaire 2 présente un débit engendré So1 de l'ordre de 600m³/h, le deuxième étage de pompage T2 présente un débit engendré So2 de l'ordre de 400m³/h, le troisième étage de pompage T3 présente un débit engendré So3 de l'ordre de 200m³/h et les deux derniers étages de pompage T4 et T5 présentent un débit engendré So4, So5 de l'ordre de 100m³/h. Les débits engendrés variant en fonction de la gamme de pression, ces valeurs correspondent aux valeurs maximales, à flux de pompage constant, avec une vitesse de rotation de la pompe à vide primaire 2 en fonctionnement fixe et de l'ordre de 65Hz.

La pompe à vide primaire 2 comporte en outre un clapet anti-retour 6 en sortie du dernier étage de pompage T5, au niveau du refoulement 5, pour éviter le retour des gaz pompés dans la pompe à vide primaire 2.

La pompe à vide secondaire 3 est, comme la pompe à vide primaire 2, une pompe à vide volumétrique, c'est-à-dire une pompe à vide qui, à l'aide de pistons, rotors, palettes, soupapes, aspire, transfère puis refoule le gaz à pomper.

La pompe à vide secondaire 3 est par exemple une pompe à vide monoétagée (ne présentant qu'un unique étage de pompage), à rotors tel que de type Roots ou d'un principe similaire, tel que de type Claw.

En fonctionnement, le débit engendré SoR maximal de la pompe à vide secondaire 3 est par exemple de l'ordre de 3000m³/h à vitesse de rotation maximale (soit à environ 70Hz), dans la gamme de pression optimale.

La pompe à vide secondaire 3 comporte un moteur 7, tel qu'un moteur asynchrone, un variateur de fréquence 8 pour piloter le moteur 7 entraînant les rotors et une unité de contrôle 9 reliée au variateur de fréquence 8.

Au cours de la descente en pression dans le sas de chargement et de déchargement à pression atmosphérique et jusqu'à ce que la pression dans le sas atteigne un seuil de basse pression prédéfini, l'unité de contrôle 9 est configurée pour contrôler la vitesse de rotation des rotors de la pompe à vide secondaire 3 en fonction d'un signal représentatif d'un paramètre de fonctionnement de la pompe à vide secondaire 3 pour augmenter le débit engendré de sorte que le débit engendré par la pompe à vide secondaire SoR soit compris dans une plage dont la valeur haute correspond à six fois le débit engendré par la pompe à vide primaire So1 et la valeur basse à 1, 3 fois le débit engendré par la pompe à vide primaire So1.

Le seuil de basse pression prédéfini est par exemple 20 mbar. En deçà, la vitesse de rotation de la pompe à vide secondaire 3 est commandée à sa valeur maximale, c'est-à-dire 70Hz dans le présent exemple.

La différence de pression entre l'aspiration et le refoulement de la pompe à vide secondaire
5 reste alors inférieure à une valeur comprise entre 150 et 300 mbar.

Le signal représentatif d'un paramètre de fonctionnement est par exemple la pression de refoulement de la pompe à vide secondaire P1 ou un paramètre du moteur 7 de la pompe à vide secondaire 3.

Dans ce dernier cas, le paramètre du moteur 7 de la pompe à vide secondaire 3 peut être le
10 courant, représentatif de la puissance consommée, ou directement la puissance consommée. Ces signaux peuvent être reçus du variateur de vitesse 8 raccordé au moteur 7. Ainsi, le contrôle de la pompe à vide secondaire 3 est autonome car il ne nécessite ni information provenant du sas de chargement et de déchargement, ni ajout de capteur de pression à l'entrée d'admission 4 de la pompe à vide primaire 2.

15 Le contrôle de la vitesse de rotation des rotors de la pompe à vide secondaire 3 en fonction d'un signal représentatif d'un paramètre de fonctionnement de la pompe à vide secondaire 3 est un asservissement en boucle fermée : lorsque la pression de refoulement P1 ou le courant moteur 7 ou la puissance augmente et que le débit engendré approche ou dépasse la valeur haute de la plage autorisée, la vitesse de rotation est ralentie, voire diminuée.

20 Le groupe de pompage 1 comporte en outre une canalisation 10 raccordant l'entrée 4 de la pompe à vide primaire 2 à l'entrée d'admission 11 de la pompe à vide secondaire 3.

La canalisation 10 comporte un module de décharge, tel qu'un clapet 12 ou une vanne pilotée par l'unité de traitement 9, configuré(e) pour s'ouvrir dès que la différence de pression entre l'aspiration et le refoulement de la pompe à vide secondaire 3 dépasse une valeur de dépassement
25 ΔP prédéfinie, comprise entre 100 et 400 mbar, la valeur de dépassement ΔP étant définie selon le ratio des débits engendrés retenu et selon les réglages de sécurité mécanique.

Par exemple, pour un rapport des débits engendrés maximum de l'ordre de 4, 5, la différence de pression de la pompe à vide secondaire 3 reste toujours inférieure à une pression de l'ordre de 250 mbar. Le module de décharge est donc configuré pour s'ouvrir dès que la pression d'aspiration
30 de la pompe à vide primaire P1 dépasse la pression d'aspiration de la pompe à vide secondaire Pasp d'une valeur de dépassement ΔP prédéfinie par exemple à 300mbar.

Par ailleurs, pour absorber le fort flux de gaz initial provenant de la mise sous vide du sas à pression atmosphérique, on prévoit que la pompe à vide primaire 2 soit conçue pour être capable d'absorber et transférer ce fort flux gazeux avec la puissance consommée la plus faible possible.

Pour cela, par exemple, la pompe à vide primaire 2 comporte un module de délestage d'un étage de pompage.

En effet, bien que le débit engendré de la pompe à vide secondaire SoR soit adapté pour correspondre au débit engendré de la pompe à vide primaire So1, c'est-à-dire au débit engendré par le premier étage de pompage T1 de la pompe à vide primaire 2, le deuxième ou le troisième étage de pompage T2, T3 peuvent à leur tour, limiter le débit engendré global de la pompe à vide primaire 2. Ainsi, pour que la pompe à vide primaire 2 puisse absorber ponctuellement des flux de pompage importants correspondant dans cet exemple à une pression d'aspiration P1 limitée à la pression d'ouverture du module de décharge, c'est-à-dire 300 mbar, le module de délestage est raccordé à la sortie d'un étage de pompage basse pression, tel que le deuxième étage de pompage T2.

Le module de délestage comporte par exemple un canal 13 raccordant la sortie de l'étage basse pression (T1 ou T2) au refoulement 5 de la pompe à vide primaire 2. Le canal 13 est pourvu d'un clapet 14.

On se réfère maintenant aux graphiques des figures 2, 3 et 4, illustrant un exemple de descente en pression dans un sas de chargement et de déchargement de 500 litres.

A l'état initial, la vitesse de rotation de la pompe à vide secondaire 3 est à une vitesse de rotation fixe réduite, par exemple de l'ordre de 30Hz afin de limiter la consommation électrique.

Puis, après le chargement d'un substrat à pression atmosphérique dans l'enceinte du sas de chargement et de déchargement, le sas ouvre la vanne d'isolation isolant l'enceinte à pression atmosphérique du groupe de pompage 1 (t1).

Pendant un laps de temps relativement court, de l'ordre de quelques secondes, la pompe à vide secondaire 3 comprime le surplus de gaz provenant de l'enceinte, faisant augmenter la pression de refoulement de la pompe à vide secondaire P1 et baisser la vitesse de rotation (courbe V sur la figure 2).

Dès que la différence de pression entre l'aspiration et le refoulement de la pompe à vide secondaire 3 dépasse 300 mbar, le module de décharge de la canalisation 10 s'ouvre, limitant alors l'augmentation de la pression de refoulement de la pompe à vide secondaire P1. Le flux de gaz est absorbé par les deux premiers étages de pompage T1, T2 de la pompe à vide primaire 2, puis est évacué en sortie du deuxième étage de pompage T2, vers le refoulement 5 de la pompe à vide primaire 2 par le module de délestage.

Lorsqu'un paramètre de fonctionnement de la pompe à vide secondaire 3, tel que la puissance consommée par la pompe à vide secondaire 3 (courbe P sur la figure 2), dépasse un seuil de lancement prédéfini pendant une première durée prédéfinie, l'unité de traitement 9 peut démarrer un cycle de descente en pression. L'unité de traitement 9 contrôle alors la vitesse de

rotation de la pompe à vide secondaire 3 (courbe V sur la figure 2) en fonction d'un paramètre de fonctionnement de la pompe à vide secondaire 3, tel que la puissance consommée par le moteur 7, (courbe P sur les figures 2 et 3), pour augmenter le débit engendré par la pompe à vide secondaire SoR de sorte que le débit engendré par la pompe à vide secondaire SoR reste supérieur à 1, 3 fois le débit engendré par la pompe à vide primaire So1 et inférieur à 4, 5 fois le débit engendré par la pompe à vide primaire So1 dans l'exemple représenté sur la figure 3 (courbe R).

Etant donné que la puissance consommée par la pompe à vide secondaire 3 augmente, mais que le débit engendré par la pompe à vide secondaire SoR reste inférieur à 4, 5 fois le débit engendré par la pompe à vide primaire So1, l'unité de traitement 9 commande l'augmentation de la vitesse de rotation (courbe V sur la figure 2 entre t_1 et t_2), provoquant l'augmentation du rapport des débits engendrés de 1, 3 jusqu'à 4, 5. La puissance consommée se stabilise alors autour de 17kW (figure 3). Cette puissance consommée est due au maintien d'une compression efficace au refoulement de la pompe à vide secondaire 3 et, acceptable mécaniquement ainsi que thermiquement, pour la pompe à vide primaire 2 et la pompe à vide secondaire 3.

En outre, on peut prévoir par sécurité, un plafond pour la puissance consommée par la pompe à vide secondaire 3. Si la valeur du paramètre moteur 7 de la pompe à vide secondaire 3 est supérieure un seuil de sécurité prédéfini au-delà d'une deuxième durée prédéterminée, on force la diminution de la vitesse de rotation de la pompe à vide secondaire 3. Cette précaution s'applique plus particulièrement dans le cas de sas de gros volumes, par exemple supérieurs à 100m³, pour lesquels les groupes de pompage ont été dimensionnés pour de petits volumes de l'ordre de 2m³ à 20m³. On se prémunit ainsi d'une surchauffe thermique de la pompe à vide secondaire 3.

On constate qu'entre la pression atmosphérique (t_1) et le seuil de basse pression prédéfini, telle que 20 mbar (t_2), le rapport du débit engendré par la pompe à vide secondaire SoR sur le débit engendré par la pompe à vide primaire So1 reste compris entre 1, 3 et 4, 5.

Le maintien du rapport des débits engendrés inférieur à 4, 5 permet que le débit engendré par la pompe à vide secondaire SoR soit admissible par la pompe à vide primaire 2. On limite ainsi la surconsommation et la pompe à vide secondaire 3 assure tout de même une compression. La différence de pression entre l'aspiration et le refoulement de la pompe à vide secondaire 3 reste alors inférieure à une valeur comprise entre 150 et 350 mbar.

La pompe à vide secondaire 3 n'est plus « court-circuitée », comme elle l'était dans un dispositif de l'état de la technique.

A titre de comparaison, on a représenté sur la figure 4, les vitesses de pompage en cours de la descente en pression dans un sas pour un groupe de pompage 1 (courbe A), pour une pompe à vide primaire 2 seule (courbe B) et pour un dispositif de l'état de la technique comportant une pompe à

vide primaire et secondaire similaires à celles du groupe de pompage 1 selon l'invention, mais comportant un clapet de recirculation taré à 60 mbar et une vitesse de rotation de la pompe à vide secondaire fixe (courbe C).

On voit que pour le dispositif de l'état de la technique, entre 200mbar et la pression atmosphérique, la pompe à vide secondaire n'améliore pas la vitesse de pompage globale, la descente en pression étant uniquement assurée par la pompe à vide primaire. Le rôle de la pompe à vide secondaire dont la vitesse de rotation est piloté à une vitesse fixe maximale n'est alors que de participer à la recirculation du flux gazeux en surconsommant (courbes B et C entre t1 et ta).

La pompe à vide secondaire 3 du groupe de pompage 1 selon l'invention est au contraire, utilisée comme si elle était le véritable premier étage de pompage de la pompe à vide primaire 2 grâce au rapport adapté des débits engendrés SoR et So1. La pompe à vide secondaire 3 est donc efficace quasiment dès la pression atmosphérique (courbe A sur la figure 4 à partir de t1). L'efficacité de la pompe à vide secondaire du dispositif de l'état de la technique rattrape celle de la pompe à vide secondaire 3 du groupe de pompage 1 qu'autour de 5 mbar (tb).

De cela résulte une baisse importante de la puissance consommée par le groupe de pompage 1 ainsi qu'une augmentation de sa vitesse de pompage globale au début de la descente en pression, et donc, une réduction du temps de descente en pression dans le sas. Dans l'exemple, à 200 mbar, la vitesse de pompage globale augmente de 40% par rapport au dispositif de l'état de la technique.

En outre, le module de décharge n'étant que peu sollicité, le module de décharge s'utilise moins vite et est moins bruyant. De même, peu de gaz circule dans la canalisation de recirculation 10, ce qui évite la surchauffe de la pompe à vide secondaire 3 par ces gaz préalablement comprimés chauds.

Puis, lorsque la pression dans le sas atteint le seuil de basse pression prédéfini, (t2 sur la courbe B de la figure 4), la consigne de la vitesse de rotation de la pompe à vide secondaire 3 est fixée à sa valeur maximale 70Hz. La pression de refoulement de la pompe à vide secondaire P1 diminue, réduisant la puissance consommée par la pompe à vide secondaire (courbe P des figures 2 et 3). A ces faibles valeurs de pression dans le sas, la puissance consommée est de l'ordre de 2 kW. En deçà de cette basse pression prédéfinie dans le sas, le pompage par les pompes à vide primaires et secondaires 2, 3 peut être réalisé classiquement sans adapter la vitesse de rotation de la pompe à vide secondaire 3 car les flux de pompage et la puissance consommée sont faibles.

A très basse pression (au-delà de t3), par exemple dans l'attente de l'ouverture du sas vers la chambre de procédés pour le transfert du substrat, si la valeur du paramètre moteur de la pompe à vide secondaire 3 reste inférieure un deuxième seuil prédéfini au-delà d'une deuxième durée prédéterminée, par exemple 2 kW pendant quelques minutes, on peut contrôler la vitesse de

rotation de la pompe à vide secondaire 3 à une vitesse de rotation fixe réduite (dite de « standby » en anglais), inférieure à la vitesse maximale 70Hz, de manière à limiter la consommation électrique.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de descente en pression dans un sas de chargement et de déchargement d'un substrat à pression atmosphérique par un groupe de pompage (1) comportant une pompe à vide primaire (2) et une pompe à vide secondaire (3) agencée en amont de ladite pompe à vide
5 primaire (2) dans le sens d'écoulement des gaz à pomper, caractérisé en ce qu'au cours de la descente en pression jusqu'à ce que la pression dans le sas de chargement et de déchargement atteigne un seuil de basse pression prédéfini, on contrôle la vitesse de rotation de la pompe à vide secondaire (3) en fonction d'un paramètre de fonctionnement de la pompe à vide secondaire (3) pour augmenter le débit engendré par la pompe à vide secondaire (SoR) de sorte que le débit
10 engendré par la pompe à vide secondaire (SoR) reste compris dans une plage dont la valeur haute correspond à six fois le débit engendré par la pompe à vide primaire (So1) et la valeur basse à 1, 3 fois le débit engendré par la pompe à vide primaire (So1).
2. Procédé de descente en pression selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le paramètre de fonctionnement de la pompe à vide secondaire (3) est un
15 paramètre du moteur (7) de la pompe à vide secondaire (3).
3. Procédé de descente en pression selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'on commence à contrôler la vitesse de rotation de la pompe à vide secondaire (3) en fonction d'un paramètre de fonctionnement de la pompe à vide secondaire (3) lorsque l'on détecte que la valeur d'un paramètre de fonctionnement de la pompe à vide secondaire (3) dépasse
20 un seuil de lancement prédéfini pendant une première durée prédéfinie.
4. Procédé de descente en pression selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que si la valeur d'un paramètre de fonctionnement de la pompe à vide secondaire (3) est supérieure à un seuil de sécurité prédéfini au-delà d'une deuxième durée prédéterminée, on force la diminution de la vitesse de rotation de la pompe à vide secondaire (3).
- 25 5. Procédé de descente en pression selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que si la valeur d'un paramètre de fonctionnement de la pompe à vide secondaire (3) est inférieure à un seuil d'attente prédéfini au-delà d'une troisième durée prédéterminée, on contrôle la vitesse de rotation de la pompe à vide secondaire (3) à une vitesse de rotation fixe réduite.
- 30 6. Groupe de pompage comportant une pompe à vide primaire (2) et une pompe à vide secondaire (3), ladite pompe à vide secondaire (3) étant agencée en amont de ladite pompe à vide primaire (2) dans le sens d'écoulement des gaz à pomper et comportant un variateur de fréquence (8), caractérisé en ce que la pompe à vide secondaire (3) comporte une unité de contrôle (9) reliée au variateur de fréquence (8), configuré pour contrôler la vitesse de rotation de la pompe à

vide secondaire (3) en fonction d'un signal représentatif d'un paramètre de fonctionnement de la pompe à vide secondaire (3), de sorte qu'au cours de la descente en pression jusqu'à ce que la pression dans le sas de chargement et de déchargement atteigne un seuil de basse pression prédéfini, le débit engendré par la pompe à vide secondaire (SoR) soit augmenté et compris dans
5 une plage dont la valeur haute correspond à six fois le débit engendré par la pompe à vide primaire (So1) et la valeur basse, à 1, 3 fois le débit engendré par la pompe à vide primaire (So1).

7. Groupe de pompage selon la revendication 6, caractérisé en ce que la pompe à vide primaire (2) comporte un module de délestage d'un étage de pompage (T1, T2).

8. Groupe de pompage selon l'une des revendications 6 ou 7, caractérisé en ce que le
10 signal représentatif d'un paramètre de fonctionnement de la pompe à vide secondaire (3) est un paramètre du moteur (7) de la pompe à vide secondaire (3).

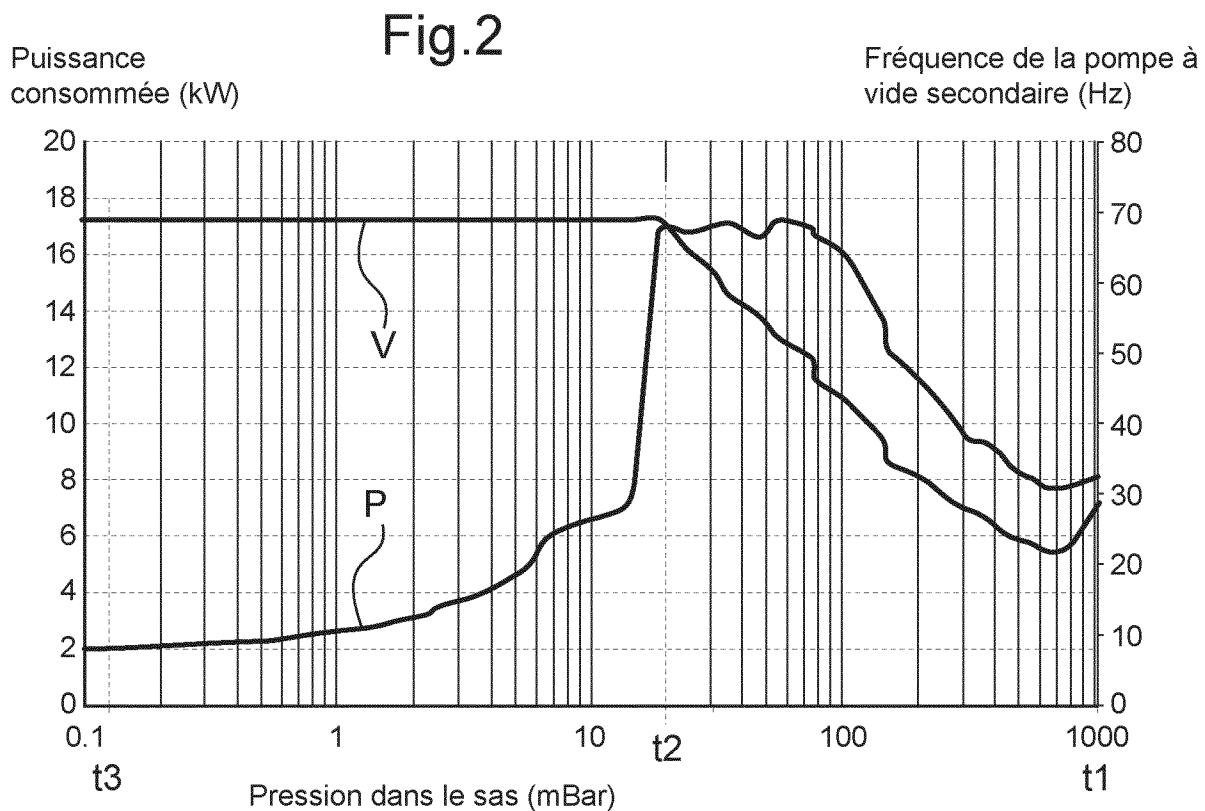
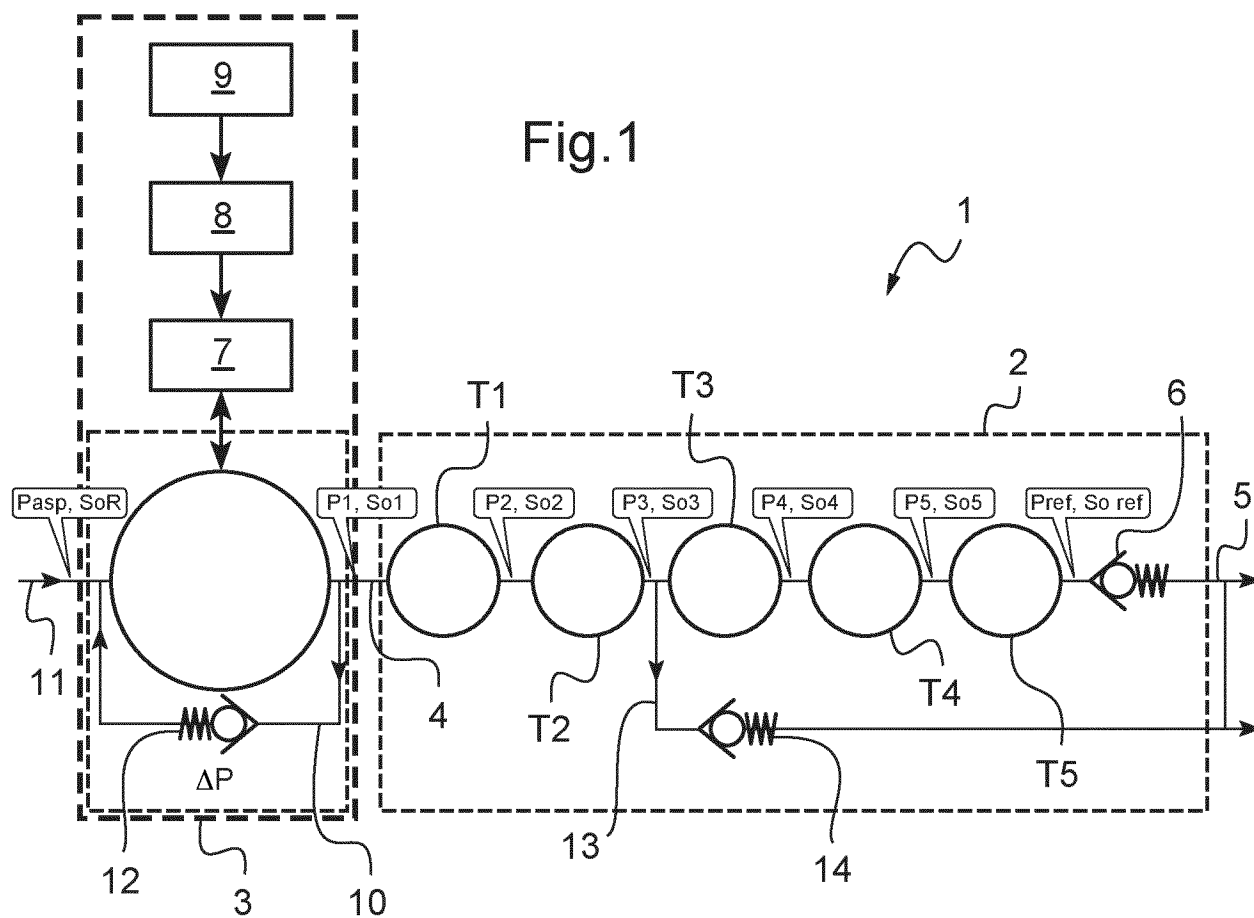
9. Groupe de pompage selon la revendication 8, caractérisé en ce que le paramètre du moteur (7) de la pompe à vide secondaire (3) est le courant.

10. Groupe de pompage selon la revendication 8, caractérisé en ce que le paramètre du
15 moteur (7) de la pompe à vide secondaire (3) est la puissance.

11. Groupe de pompage selon l'une des revendications 6 à 10, caractérisé en ce qu'il comporte une canalisation de recirculation (10) raccordant l'entrée d'admission (4) de la pompe à vide primaire (2) à l'entrée (11) de la pompe à vide secondaire (3), la canalisation de recirculation (10) comportant un module de décharge configuré pour s'ouvrir dès que la pression d'aspiration de
20 la pompe à vide primaire (P1) dépasse la pression d'aspiration de la pompe à vide secondaire (Pasp) d'une valeur de dépassement (ΔP) prédéfinie comprise entre 100 et 400 mbar.

12. Groupe de pompage selon l'une des revendications 6 à 11, caractérisé en ce que la pompe à vide secondaire (3) est une pompe à vide de type ROOTS.

1/2



2/2

Fig.3

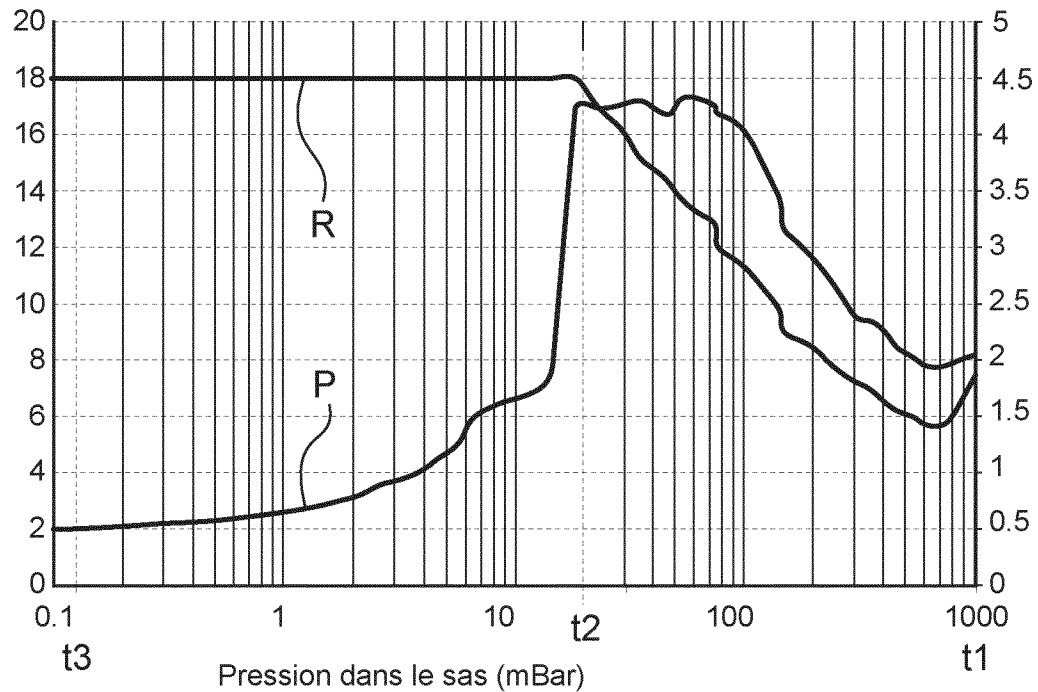
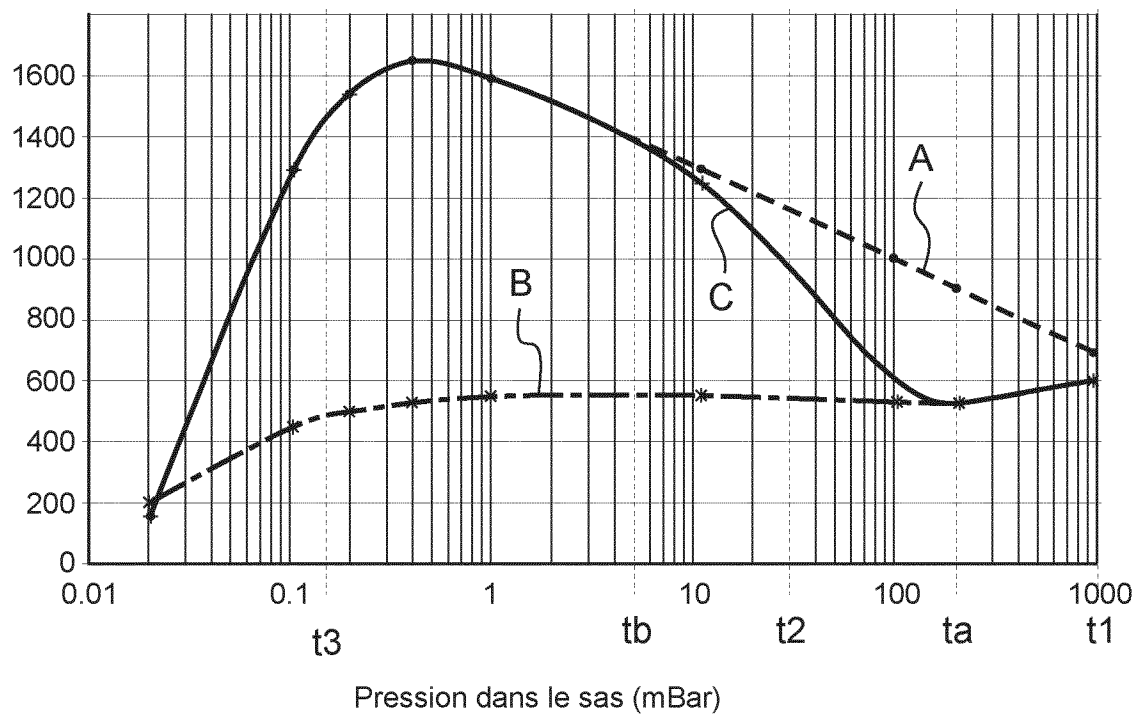
Puissance
consommée (kW)Rapport des débits
engendrés SoR/So1

Fig.4

Vitesse de pompage en m³/h



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 827038
FR 1656782

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	EP 1 746 287 A1 (CIT ALCATEL [FR]) 24 janvier 2007 (2007-01-24) * alinéas [0001] - [0007]; figure 1 * * alinéa [0043] - alinéa [0044] * -----	1-12	F04C25/02 F04C28/02
A	WO 2005/038255 A2 (EBARA CORP [JP]; KAWAMURA TAKESHI [JP]; KAGAWA KOICHI [JP]) 28 avril 2005 (2005-04-28) * page 1, ligne 5 - page 2, ligne 21 * * page 6, ligne 16 - ligne 17; figure 1 * -----	1-12	
A	DE 36 39 512 A1 (ALCATEL HOCHVAKUUMTECHNIK GMBH [DE]) 1 juin 1988 (1988-06-01) * abrégé; figure * -----	1-12	
A	JP 2006 342688 A (EBARA CORP) 21 décembre 2006 (2006-12-21) * abrégé * -----	1-12	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			F04C
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
24 mars 2017		Descoubes, Pierre	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1656782 FA 827038**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **24-03-2017**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1746287	A1	24-01-2007	AT 408756 T	15-10-2008
			CN 101213370 A	02-07-2008
			EP 1746287 A1	24-01-2007
			FR 2888894 A1	26-01-2007
			JP 2009501869 A	22-01-2009
			KR 20080025063 A	19-03-2008
			TW 200720549 A	01-06-2007
			US 2007020111 A1	25-01-2007
			WO 2007010170 A2	25-01-2007

WO 2005038255	A2	28-04-2005	EP 1673539 A2	28-06-2006
			JP 4218756 B2	04-02-2009
			JP 2005120955 A	12-05-2005
			TW 1326330 B	21-06-2010
			US 2007104587 A1	10-05-2007
			US 2010209259 A1	19-08-2010
			WO 2005038255 A2	28-04-2005

DE 3639512	A1	01-06-1988	AUCUN	

JP 2006342688	A	21-12-2006	CN 1877132 A	13-12-2006
			JP 2006342688 A	21-12-2006
			KR 20060127789 A	13-12-2006
			TW 1373565 B	01-10-2012
