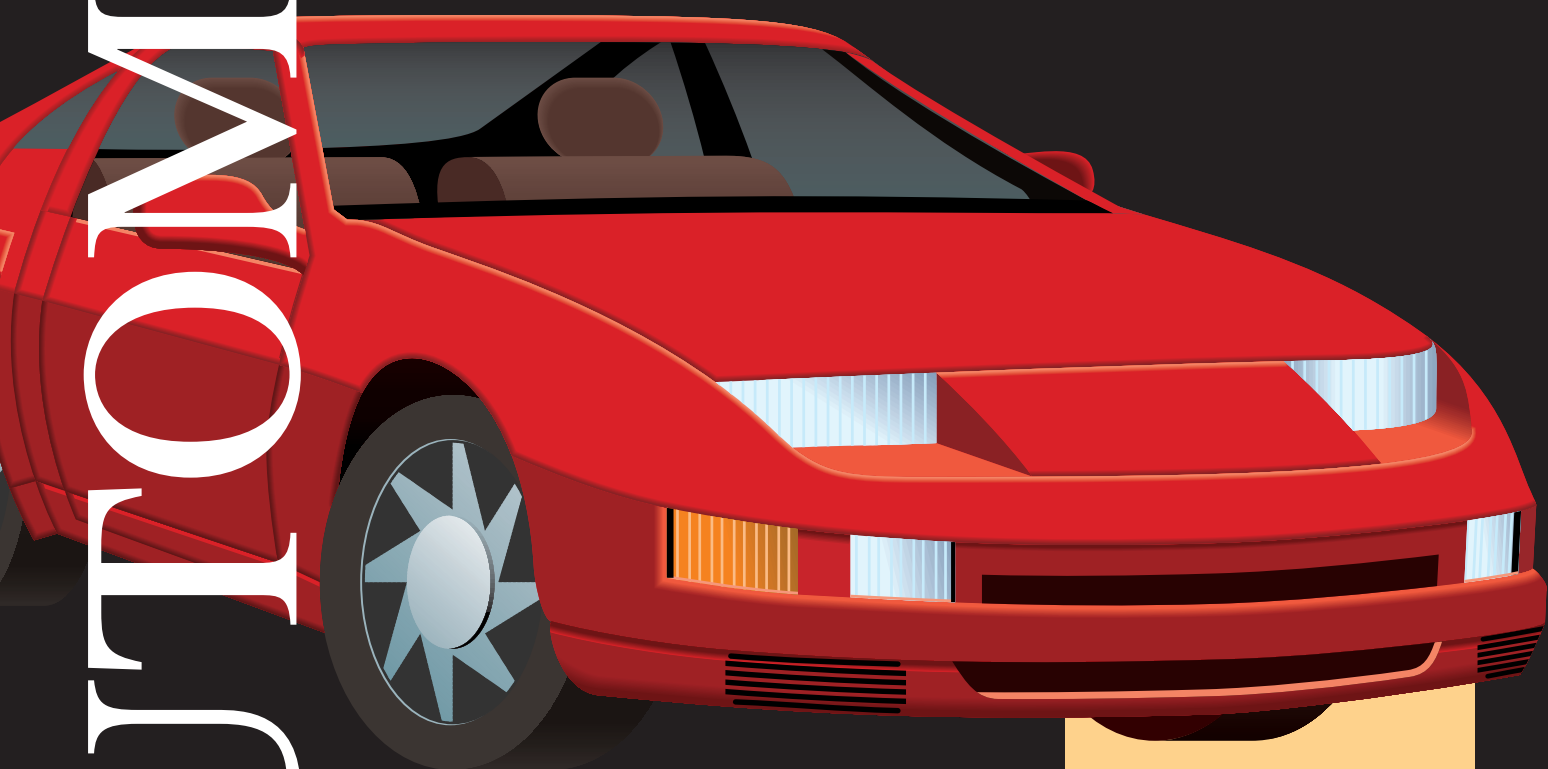


AUTOMOTIVE VESPEL®



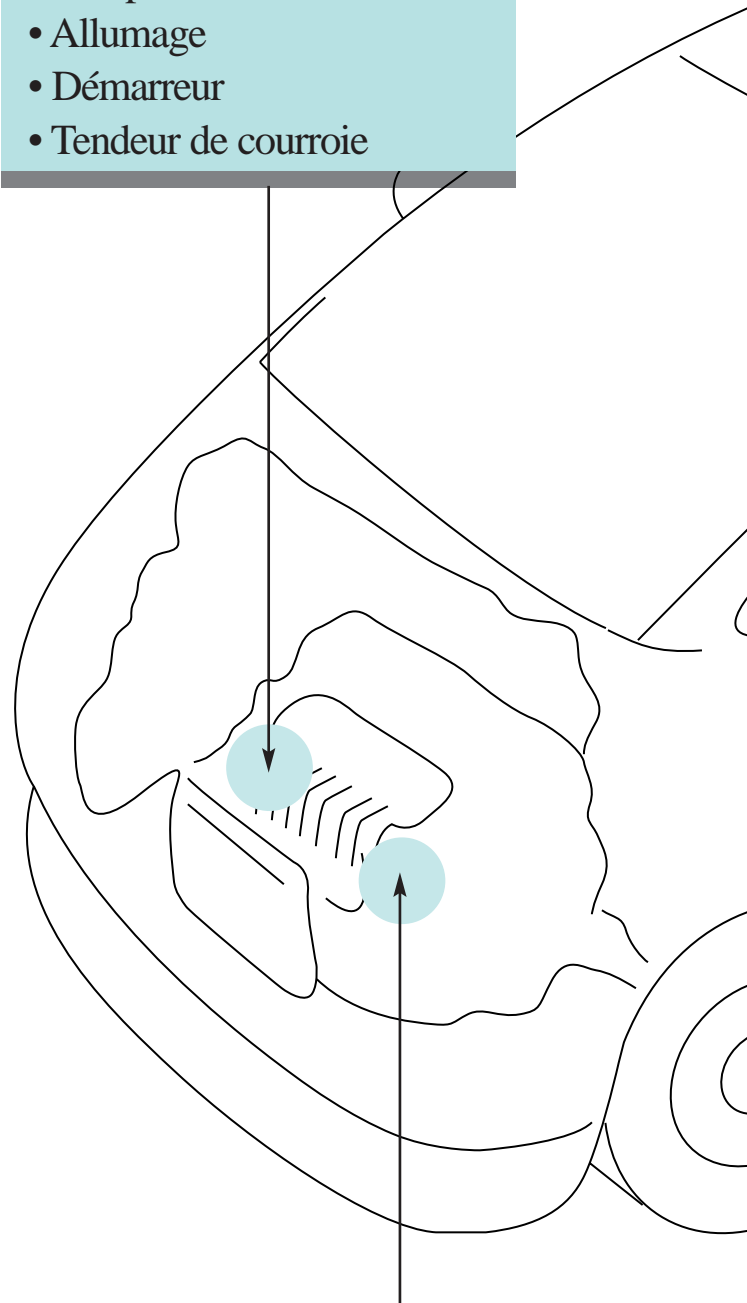
Vespel®
Par DuPont

Sous le capot

- Systèmes d'alimentation en carburant
- Turbocompresseur
- Recyclage des gaz d'échappement
- Pompes à vide
- Allumage
- Démarreur
- Tendeur de courroie

Sommaire

Pièces et demi-produits en Vespel®	5
Propriétés	6-7
Propriétés et avantages	8-9
Transmissions	10-11
Moteurs électriques	12-13
Freins	14
Systèmes d'alimentation en carburant	15
Turbocompresseurs et systèmes de recyclage des gaz d'échappement	15
Autres équipements	16
Opportunités	17
Résumé des propriétés caractéristiques des résines polyimide Vespel®	18
L'offre Vespel®	19



VESPEL

Moteurs électriques

- Lève-vitre
- Essuie-glace
- Toit ouvrant
- Réglage du rétroviseur
- Réglage du siège
- Réglage de la hauteur du volant

Transmissions

- Boîtes de vitesses automatiques
- Embrayages

Freins

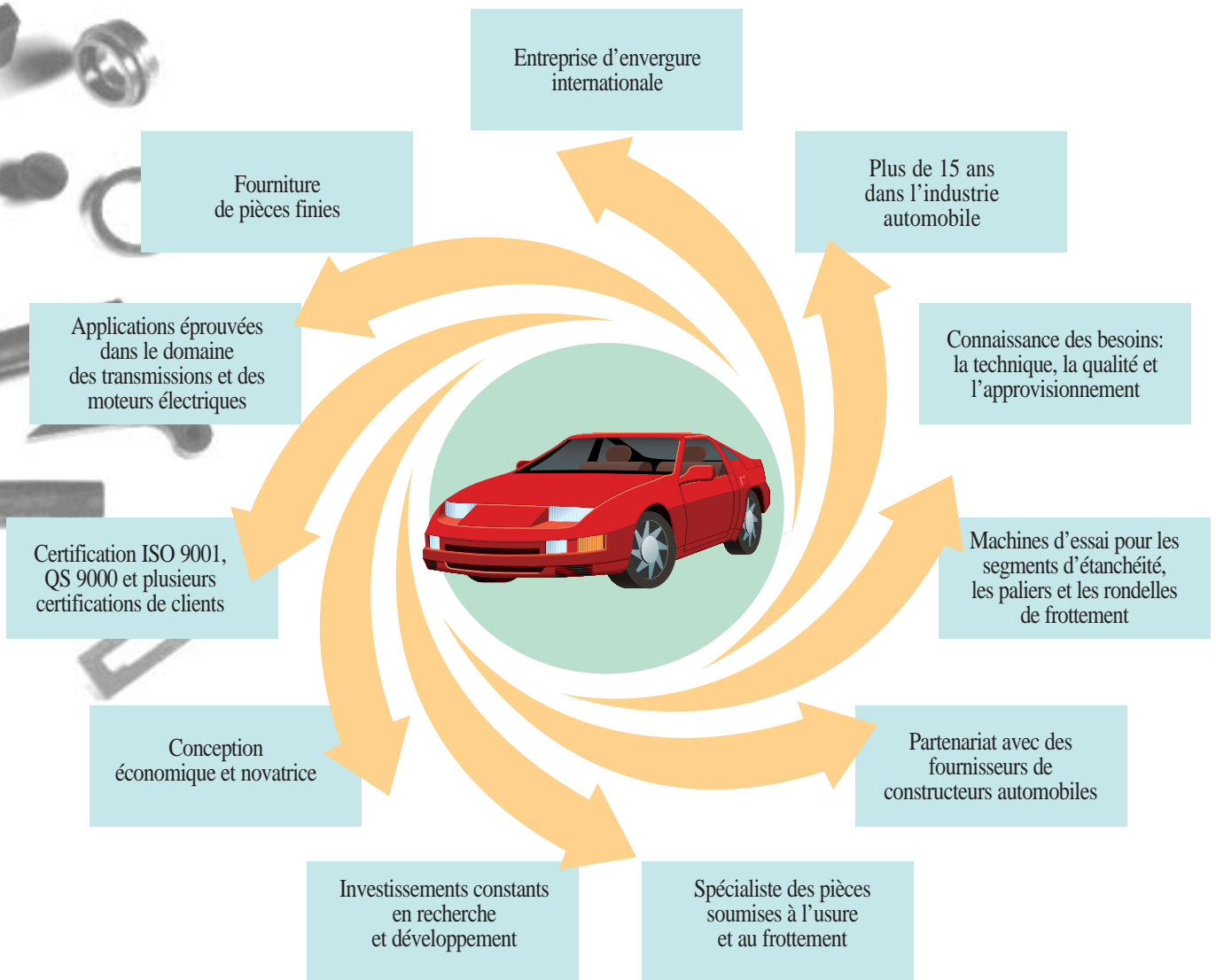
- ABS
- Détecteurs d'usure de plaquettes



4

VEESPE

PIÈCES ET DEMI-PRODUITS EN VESPEL®



PROPRIÉTÉS...

Excellentes propriétés de compression

- Limite élastique élevée
- Pas de fragilisation
- Aptitude élevée à la déformation

Isolation

- Thermique
- Electrique

La solution aux problèmes d'usure et de frottement

- Excellent coefficient de frottement
- Faible vitesse d'usure
- Coefficient de frottement constant

Facilité d'usinage

- Similaire à celle du laiton
- Tolérances de qualité 7 possibles

Compatibilité chimique

- Avec les huiles
- Avec les solvants
- Avec les combustibles (diesel/essence)





PROPRIÉTÉS...

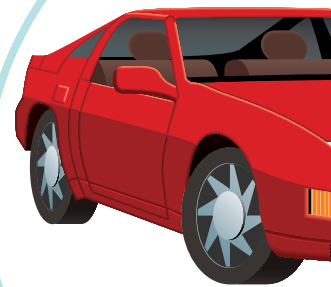
- Facilité d'assemblage
- Pas de rupture
- Aptitude à l'étanchéité

- Protection d'autres pièces

- Durée de service accrue
- Fiabilité
- Consommation électrique réduite
- Coûts de garantie réduits

- Réalisation rapide des prototypes
- Géométries complexes et tolérances étroites possibles avec un usinage de finition

- Pas de corrosion
- Compatibilité avec tous les produits chimiques utilisés dans l'automobile



...ET AVANTAGES

Résistance thermique

- Pas de fusion
- Pas de température de transition vitreuse
- 290 °C en service continu, avec des pointes à 480 °C

- Fonctionnement fiable dans les parties les plus chaudes du moteur
- Adapté à tous les procédés d'assemblage automobiles
- Aptitude au surmoulage
- Sécurité

Polymère

- Faible poids
- Amortissement des vibrations

- Réduction du poids
- Faible inertie pour les pièces mobiles
- Réduction du bruit

Résistance au choc

- Supporte les vibrations haute fréquence
- Résistance au choc

Valeur très élevée du produit PV avec ou sans lubrification

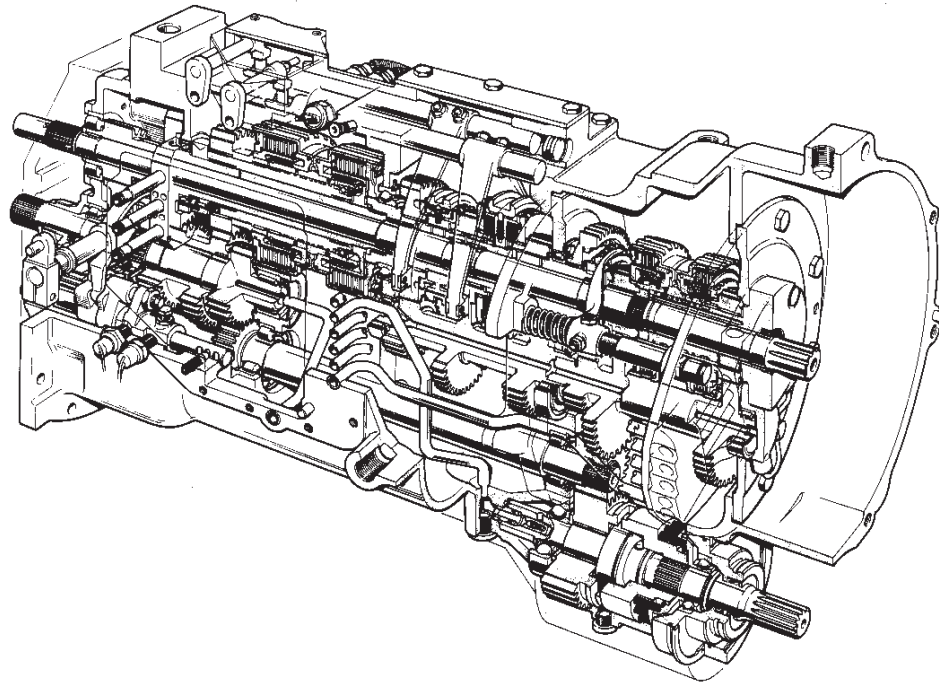
- Valeur du produit PV (à sec) = 12 Mpa m/s
- Valeur du produit PV (avec lubrification) = 40 Mpa m/s
- Limite PV instantanée (avec lubrification) = 140 Mpa m/s

- Fonctionnement sans lubrification
- Réduction de la surface de contact (et des dimensions des pièces)
- Marge de sécurité accrue en cas d'emploi abusif
- Fonctionnement à sec en cas d'absence de lubrification
- Diminution des coûts de garantie

Isolation électrique

- Les pièces conservent leurs bonnes propriétés électriques à haute température





Depuis deux décennies, les boîtes de vitesses et les transmissions automatiques remplacent de plus en plus les dispositifs manuels dans les automobiles, les poids lourds, les tracteurs et les véhicules de chantier.

Le confort au volant, l'optimisation du couple, les économies de carburant et les nouvelles réglementations antipollution sont devenus les facteurs déterminants dans l'industrie automobile.

La conception de systèmes de transmission hydraulique est complexe car il faut tenir compte de plusieurs aspects: étanchéité, vibrations, températures élevées dues au frottement, durabilité et fiabilité. Dans certaines conditions ambiantes extrêmes, il se peut que les pièces mécaniques, qui sont en principe lubrifiées par l'huile environnante, doivent fonctionner à sec. Elles produisent alors une chaleur excessive qui entraîne une rupture.

La commercialisation du Vespel® sous forme de pièces résistantes à l'usure et au frottement, notamment *les rondelles de butée, les segments d'étanchéité et les sièges de vannes*, s'est traduite par des performances et une durée de service accrues. Parallèlement, il est possible de réduire les coûts globaux par:

- la simplification de l'assemblage des segments d'étanchéité;
- l'élimination de la lubrification imposée;
- l'élimination du traitement thermique sur le matériau de contact;
- des tolérances plus larges sur les surfaces de contact usinées.

Rondelles de butée

Avec une limite PV à sec très élevée (12 MPa m/s) et de bonnes propriétés de compression, le Vespel® convient particulièrement à des applications telles que les rondelles de butée dans les transmissions hydrauliques et les embrayages associés aux boîtes de vitesses à commande manuelle. Les rondelles en Vespel® (d'un diamètre extérieur maximal de 90 mm) présentent des performances exceptionnelles dans les transmissions de tracteurs, de poids lourds et d'automobiles. Elles fonctionnent en effet dans un environnement de vapeur d'huile, la valeur du produit PV pouvant atteindre 40 MPa m/s et les vitesses 7000 tr/mn. Elles peuvent même accepter des limites PV instantanées de 140 MPa m/s durant les changements de vitesses dans un environnement à lubrification imposée.

Grâce à la souplesse du Vespel®, il est possible d'optimiser la surface de contact (diamètres extérieur et intérieur) durant la conception, dès que les conditions de charge et de vitesse sont connues. Des formes géométriques particulières peuvent être ajoutées pour centrer la pièce ou pour empêcher la rotation afin de sélectionner la surface de glissement.

Des rainures radiales, qui peuvent être produites sans usinage supplémentaire, facilitent la lubrification et, par conséquent, augmentent la limite PV. Les rondelles de butée en Vespel® résistent aux charges statiques sans fluage ni choc et éliminent le risque de grippage souvent constaté avec les solutions métal/métal.

Segments d'étanchéité

Les segments d'étanchéité en Vespel® situés dans la transmission fonctionnent de manière dynamique, principalement dans la direction radiale mais parfois aussi dans la direction axiale linéaire. Ils ont pour fonction d'assurer l'étanchéité requise entre l'arbre et le carter à des pressions et des vitesses données afin qu'il soit possible de commander les embrayages.

Une faible fuite est toutefois nécessaire pour lubrifier les autres pièces comme les roulements à aiguilles et les engrenages, mais aussi pour éviter les températures de surface élevées. La durée de service et la fiabilité sont des facteurs très importants car ils influent sur les changements de vitesses.

Les segments d'étanchéité en Vespel® sont conçus en fonction des exigences des clients en matière de vitesse, de pression, de température, de taux de fuite, de matériau de contact et d'usure admissible.

Voici quelques applications actuelles du Vespel® ayant fait leurs preuves:

- transmissions de tracteurs, à des vitesses de 2500/3000 tr/mn pour des diamètres de 80 mm au maximum et des pressions de 12 bars;



- boîtes de vitesses automatiques de voitures particulières, à des vitesses de 7000 tr/mn pour des diamètres de 52 mm au maximum et des pressions de 12 bars;
- transmissions automobiles homocinétiques, à des vitesses maximales de 10000 tr/mn pour des diamètres d'environ 20 mm et des pressions de 20 bars.

Le type de coupe du segment d'étanchéité et ses dimensions sont calculés de façon à fournir le taux de fuite approprié aux températures et aux pressions données. Il est possible de réduire l'usure au maximum en optimisant la surface de contact. Grâce à leur résistance chimique et au fluage exceptionnelle, les segments d'étanchéité en Vespel® ne sont pas attaqués par l'huile chaude ni extrudés entre l'arbre et le carter sous l'action de la pression et de la chaleur.

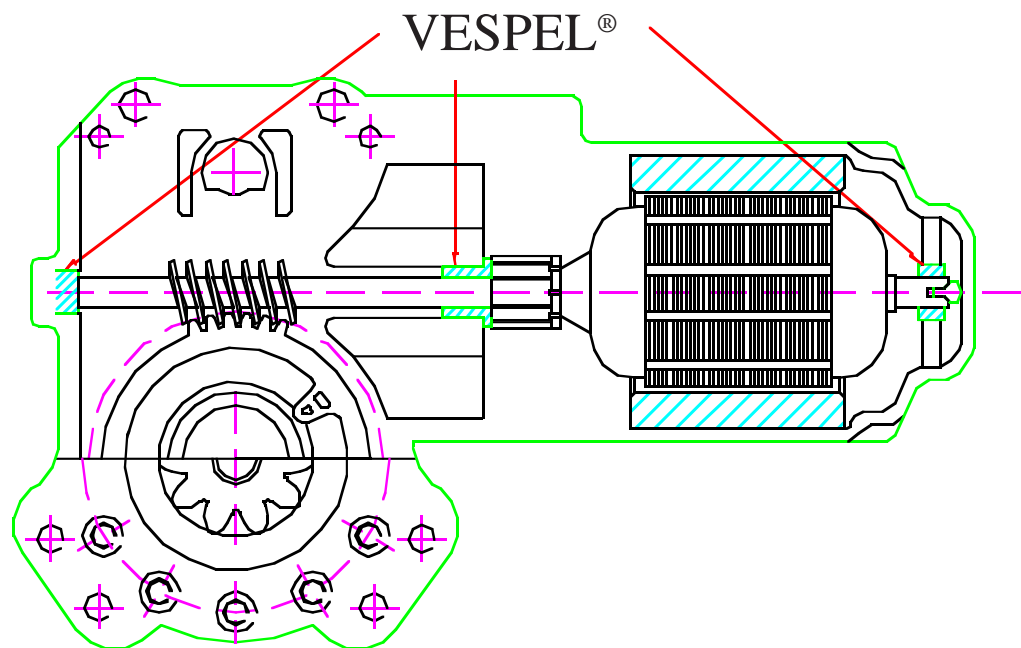
Par rapport à d'autres matériaux, l'assemblage des segments d'étanchéité

en Vespel® est simple et peut être automatisé. La souplesse inhérente du Vespel® facilite l'ouverture des segments sans provoquer de rupture, la ténacité du matériau empêchant toute déformation lors de l'assemblage sur l'arbre.

Sièges de vannes

La réduction et le contrôle des fuites d'huile dans la transmission sont des aspects importants. L'aptitude à l'étanchéité du Vespel® et sa résilience en font le matériau idéal pour les sièges de vannes. Il est possible d'emmancher à force les sièges dans le carter, ce qui rend inutile l'emploi d'un joint torique.

Fonctionnant sans problème à des pressions de 20 MPa, les sièges de vannes en Vespel® ont montré une résistance élevée à l'action abrasive des particules métalliques dans l'huile hydraulique sale, tout en présentant une remarquable étanchéité dans le temps et une bonne résistance au choc.



La recherche du confort et de la sécurité dans l'industrie automobile est à l'origine du nombre croissant de moteurs électriques.

Ces moteurs sont largement utilisés pour rendre la conduite plus agréable (lève-vitre, toit ouvrant, verrouillage centralisé, commande de la climatisation, réglage du siège, des rétroviseurs et du volant) et plus sûre (essuie-glace, réglage du ralenti, contrôle des gaz d'échappement et blocage de différentiel).

Les réglementations et les spécifications toujours plus nombreuses en matière d'équipements tels que démarreurs et pompes à carburant imposent des exigences accrues pour les pièces soumises à l'usure mécanique et au frottement.

Les *paliers*, les *rondelles* et les *butées axiales* qui fonctionnent dans les moteurs électriques doivent supporter les charges axiales et radiales associées à la vitesse.

La résistance du Vespel® à l'usure et au frottement a permis aux constructeurs de simplifier la conception des moteurs électriques tout en améliorant les performances et la durée de service.

Paliers

Utilisés dans tous les types de moteurs électriques, les paliers en Vespel® peuvent fonctionner avec ou sans lubrification, selon l'application. Un palier "droit" est adapté à une charge radiale mais un palier "épaulé" peut en outre supporter des charges axiales, rendant inutile l'emploi d'une rondelle.

Il est très facile d'emmancher à force les pièces dans le carter tout en conservant un bon contrôle du diamètre intérieur. De plus, la valeur très élevée du produit PV permet de réduire la longueur du palier.

Ce type d'application requiert un coefficient de frottement à la fois faible et constant, ainsi qu'une bonne résistance à l'usure et au fluage.

Dans ce domaine, les différents grades de Vespel® chargés de graphite constituent des solutions économiques.

Rondelles

Les rondelles sont soumises à la charge axiale dans les moteurs électriques. Ainsi, comme les paliers, elles présentent la résistance à l'usure et au frottement requise, mais doivent en outre supporter les chocs.

Du fait de la faible surface de charge de ces pièces, les conditions de pression et de vitesse peuvent être élevées, entraînant une chaleur de friction excessive.

La résistance au fluage et la valeur du produit PV des rondelles en Vespel® garantissent aux équipements fiabilité et longue durée de service.

Le bruit, souvent dû au contact des pièces métalliques entre elles, est éliminé.

Butées axiales

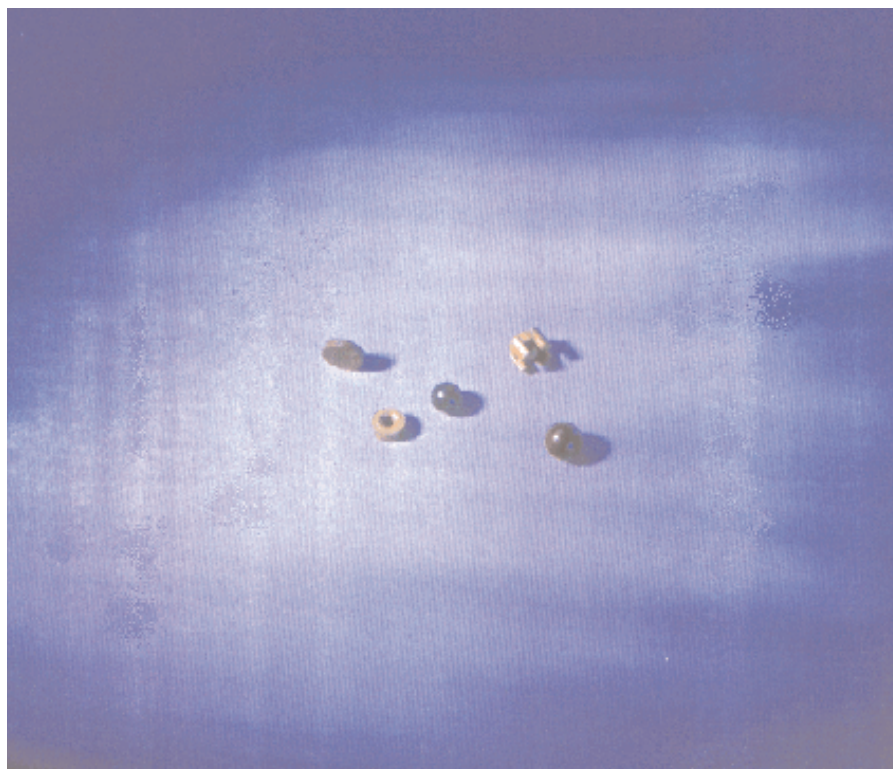
Spécifiquement employées dans les essuie-glace, les lève-vitres, les toits ouvrants, les systèmes de réglage des sièges, les moteurs de blocage de différentiel, etc., les butées axiales sont des pièces qui s'emboîtent directement dans l'arbre du rotor avec une légère interférence.

Tout comme les rondelles, elles doivent supporter des charges axiales et résister au fluage et à l'usure.

Selon l'application, un coefficient de frottement faible ou relativement élevé peut être nécessaire. Dans ce cas, il est conseillé d'utiliser la résine SP 1 non chargée ou la résine SP 21 chargée de graphite.

Dans des conditions de service très difficiles, les butées axiales en Vespel® ne fondent pas et remplissent donc la fonction prévue.





Systemes de freins antiblocage

Le freinage étant la fonction la plus importante dans un véhicule, l'accent est mis sur la sécurité.

Les systèmes de freins antiblocage régulent la pression du liquide appliquée à chaque roue pour éviter les dérapages et optimiser le freinage.

Les plaquettes de freins sont équipées de capteurs électriques qui détectent l'usure du matériau de frottement. Le conducteur est informé de cette situation par un voyant situé sur le tableau de bord.

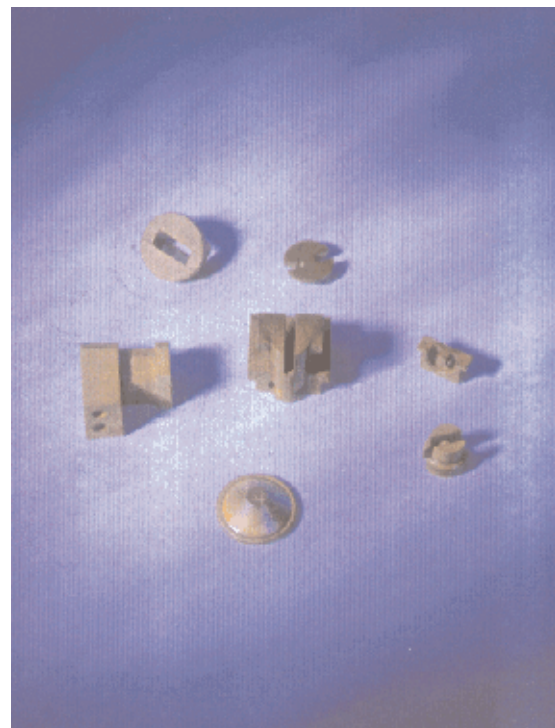
Les propriétés du Vespele® permettent de résoudre les problèmes techniques qui se posent dans ces deux cas.

Employées comme éléments de vannes (sièges, billes), les pièces en Vespele® assurent une excellente étanchéité due à leur remarquable tenue à la compression. Elles présentent également une résistance au choc élevée tout en améliorant le temps de réponse grâce à leur faible poids.

Témoins d'usure

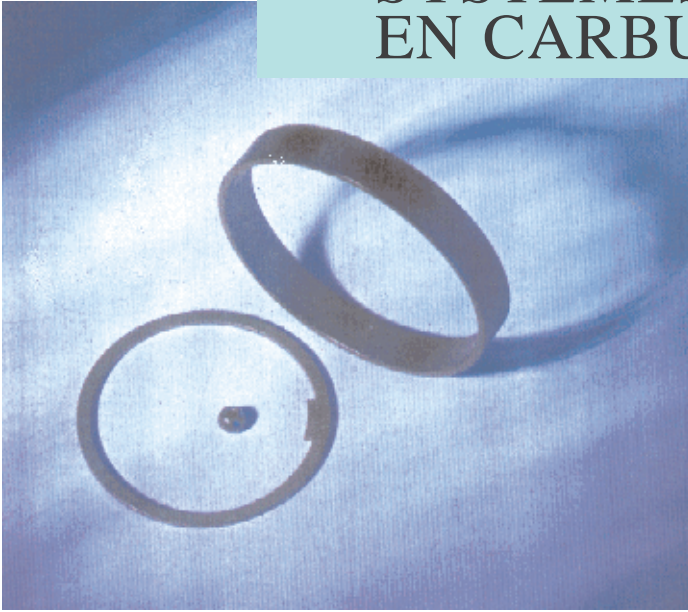
Les témoins d'usure en Vespele® sont installés dans le support métallique des plaquettes de frein. Ils assurent une isolation à la fois thermique et électrique pour le fil relié au voyant d'usure des freins.

Le matériau employé dans cette application doit garantir une vitesse d'usure faible et constante, et ne doit pas fondre. En outre, il doit éviter la formation d'une pellicule sur le disque qui risquerait d'endommager ce dernier en modifiant le contact électrique.



VESPELE

SYSTÈMES D'ALIMENTATION EN CARBURANT



Les systèmes à injection d'essence ou de diesel requièrent des pompes d'alimentation et d'injection. Selon le type de carburant utilisé et sa fonction, ces systèmes diffèrent par leur pression de régime et leur conception, mais tous exigent des pièces résistantes à l'usure et au frottement et/ou des pièces d'étanchéité qui garantissent une durée de service et des performances optimales.

Le Vespel® présente une excellente compatibilité chimique avec les différents types de carburants, sans subir de gonflement excessif. Aussi est-il largement utilisé pour fabriquer des pièces comme les *paliers*, les *segments d'étanchéité*, les *ressorts de garnitures* et les *sièges de vannes*.

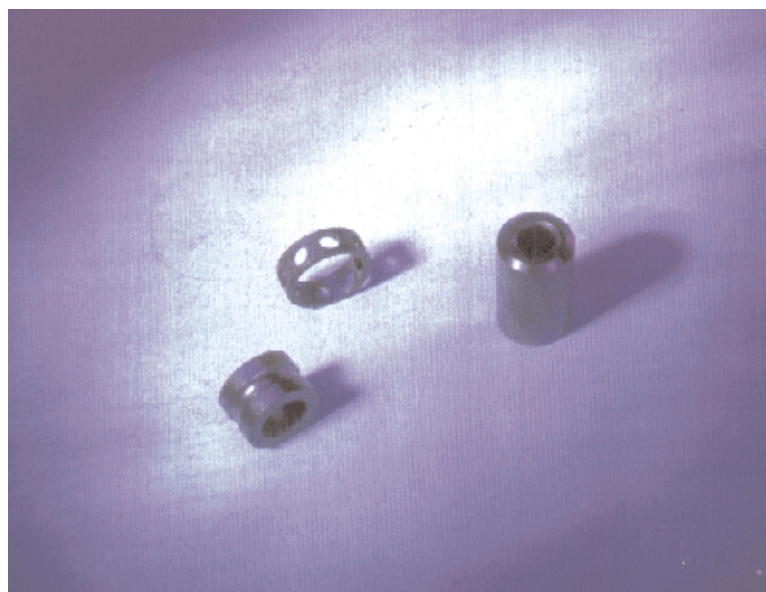
TURBOCOMPRESSEURS

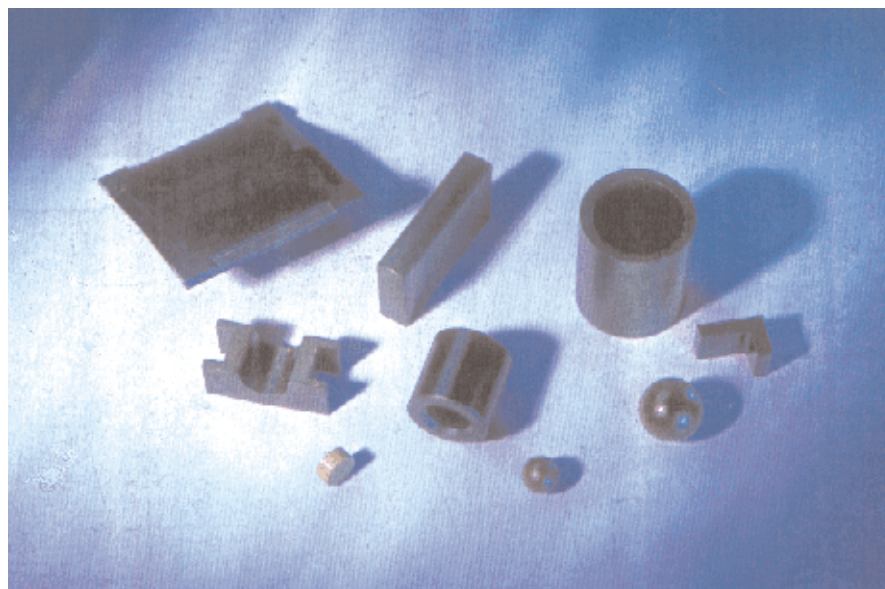
Caractérisés par des vitesses de rotation très élevées et de hautes températures, les turbocompresseurs tirent parti des propriétés exceptionnelles du Vespel®.

Par sa légèreté et sa faible inertie, le Vespel® utilisé pour les *cages de roulement à billes* peut améliorer le temps de réponse des turbocompresseurs.

Pour les *douilles de clapets*, le Vespel® peut assurer l'étanchéité requise, sans risque d'usure et d'abrasion de l'arbre.

Dans de telles conditions, il présente des avantages similaires pour les systèmes de *recyclage des gaz d'échappement*.



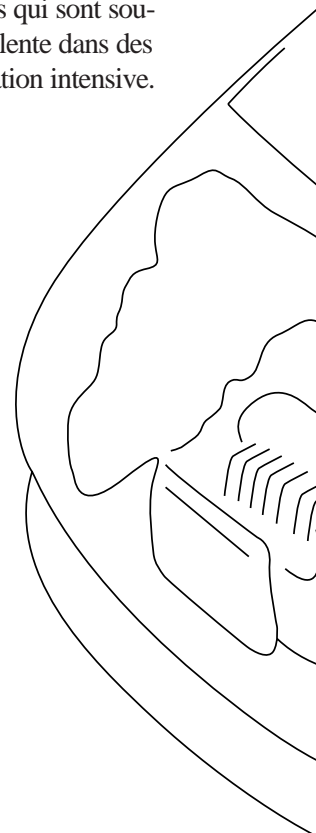


Par leur combinaison unique de propriétés, les pièces en Vespel® sont employées dans de nombreuses applications automobiles.

Par exemple:

- les **palettes de pompes à vide**, où la tenue exceptionnelle à l'usure garantit l'étanchéité requise sans risque d'abrasion des stators, souvent en métal doux;
- les **endeurs de courroies**, qui présentent des propriétés d'usure et de frottement tout en éliminant les débris d'usure du matériau de contact;
- les **blocs de frottement** dans les distributeurs d'allumage, qui servent à commander les contacts de rupture, garantissant une vitesse d'usure constante et une bonne résistance aux vibrations à haute température;

- les **paliers de charnières de porte**, qui résistent aux températures du four à peinture et aux liquides de nettoyage tout en présentant la fiabilité requise en cas de perte de lubrifiant;
- les **galets de commande d'embrayage** pour les transmissions automatiques et manuelles qui sont soumises à une usure lente dans des conditions d'utilisation intensive.

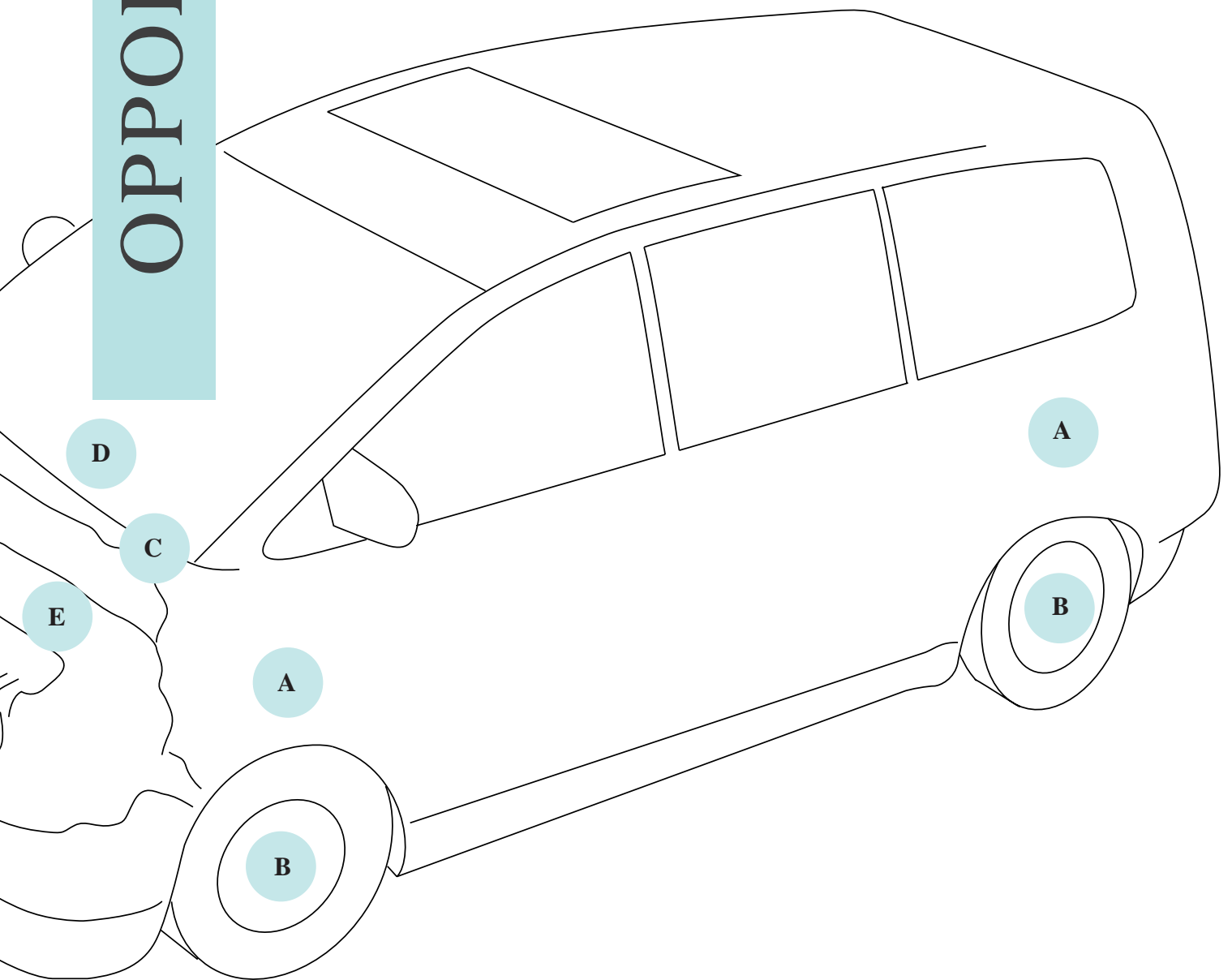


VESPEL

OPPORTUNITÉS

Outre les applications décrites précédemment, il existe bien d'autres possibilités pour le Vespe[®], notamment dans les domaines suivants:

- Ecrus d'enjoliveurs (B)
- Systèmes de direction (C)
- Climatisation (D)
- Systèmes de suspension (A)
- Applications à haute température dans le moteur (E)
- Systèmes d'admission et d'échappement (E)
- Segments de pistons (E)
- Amortisseurs (A)



Résumé des propriétés caractéristiques des résines polyimide Vespel®

Propriété	Temp. °C	Méthode ASTM	Unité	SP1	SP21	SP22	SP211	SP221 *	SP262 *
Résistance à la traction, point de rupture	23 260	D 1708	MPa	72.4 36.5	62 30.3	48.3 26.2	51.7 24.1	38.6	37.9 19.3
Allongement, point de rupture	23 260	D 1708	%	7.5 7	5.5 5.2	2.5 2	5.5 5.3	3.5	1 0.7
Résistance à la flexion, point de rupture	23 260	D790	MPa	82.7 44.8	82.7 48.3	62.1 37.9	68.9 34.5	55.1 31	
Module de flexion	23 260	D790	MPa	2482 1448	3171 1792	4826 2758	2758 1379	3445 2205	
Contrainte de compression à 1% de déformation à 10% de déformation à 0.1% de déformation rémanente	23	D695	MPa	24.1 112.4 33.1	22.8 104.8 33.8	24.1 93.8 25.5	14.5 75.8 27.6	14.5 78.6	40
Résistance au choc Izod avec entaille Résistance au choc Izod sans entaille	23	D256	J/m	42.7 747	42.7 320				
Coefficient de frottement PV = 0.875 MPa m/s PV = 3.5 MPa m/s PV max. Vitesse d'usure à PV 0.875 MPa m/s			MPa m/s m/s 10 ⁻¹⁰	0.29 17 - 85	0.24 0.12 12 6.3	0.3 0.09 10 4.2	0.12 0.08 3.6 4.9	3.6	0.1 0.05 12
Conductivité thermique	40		W/m °C	0.29	0.46	0.89	0.42		2.53
Coefficient de dilatation thermique linéaire			µm/m °C	50	41	27	41	26	13
Absorption d'eau, équilibre, 50% HR		D570	%	1.0 - 1.3	0.8 - 1.1				
Masse spécifique		D792		1.34	1.42	1.56	1.46		1.74
Déformation sous charge	50	D648	%	0.2	0.17	0.14	0.29	0.3	

* Certaines valeurs des nouveaux grades SP 221 et SP 262 sont préliminaires ou le résultat d'extrapolations à partir des essais initiaux. Pour plus de détails techniques liés aux compositions des produits ou à votre application type, reportez-vous au Guide de conception du Vespel® et prenez contact avec votre représentant local DuPont de Nemours.

V E S P E

L'offre Vespel®

- Fourniture de pièces finies
- Sites aux états-Unis, au Japon et en Europe
- Services centralisés à Mechelen (Belgique)
- Qualité ISO 9001 et QS 9000
- Livraison à domicile
- Conception d'outils et fabrication de pièces
- Services d'usinage disponibles

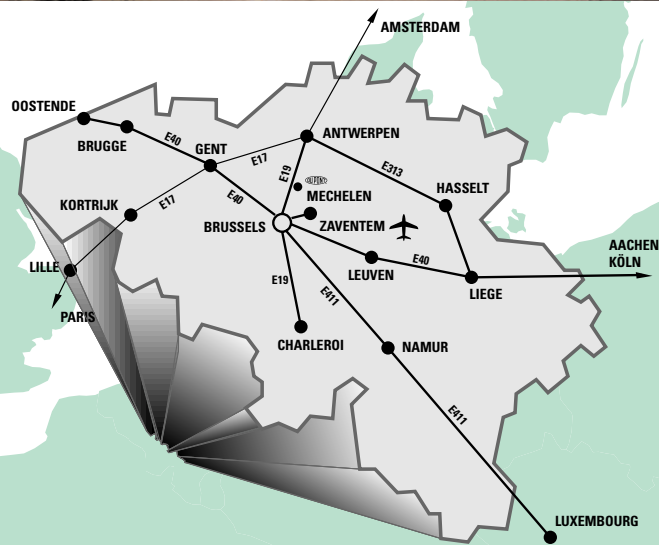


Équipe marketing

- Ingénieurs technico-commerciaux en contact direct avec les clients
- Prix en devises de l'Union européenne
- Vaste connaissance des applications
- Assistance à la mise au point de produits

Équipe technique

- Réponses aux questions d'ordre technique
- Assistance à la mise au point
- Conception et essais
- CAO, analyse par éléments finis
- Mise au point de nouvelles compositions



Belgique/België

Du Pont de Nemours (Belgium)
Vespe^l® Products
A. Spinostraat 6
B-2800 Mechelen
Tel. ++32-15-44 10 11
Fax: ++32-15-44 14 08

Deutschland

Du Pont de Nemours
(Deutschland) GmbH
Du Pont Straße 1
D-61343 Bad Homburg
Tel. ++49-6172 870
Fax: ++49-6172 871 500

España

Du Pont Ibérica, S.A.
Edificio l'Illa
Diagonal, 561
E-08029 Barcelona
Tel. ++34-3-227 60 00
Fax: ++34-3-227 62 07

France

Du Pont de Nemours (France) S.A.
137, rue de l'Université
F-75334 Paris Cedex 07
Tel. ++33-1-4550 6550
Fax: ++33-1-4753 0967

Italia

Du Pont de Nemours Italiana S.p.A.
Via Aosta 8
I-20063 Cernusco sul Naviglio (Mi)
Tel. ++39-2-25 30 21
Fax: ++39-2-92 107 845

Österreich

Interowa
Führer-Haimendorf KG
Bräuhausgasse 3-5
A-1050 Wien
Tel. ++43-1-512 35 71
Fax: ++43-1-512 35 71-12

Schweiz/Suisse/Svizzera

Dolder AG
Immengasse 9, Postfach 14695
CH-4004 Basel
Tel. ++41-61-326 66 00
Fax: ++41-61-326 62 04

Sverige

Du Pont Conoco Nordic A.B.
Torshamnsgatan 35-39
S-163 86 Kista (Stockholm)
Tel. ++46-8-750 37 00
Fax: ++46-8-750 97 97

United Kingdom

Du Pont (U.K.) Limited
Maylands Avenue
GB-Hemel Hempstead, Herts. HP2 7DP
Tel. ++44-1442-21 85 00
Fax: ++44-1442-49 463

Asia

Du Pont Kabushiki Kaisha
Kiyohara Kogyodanchi 19-2
Utsunomiya-shi, Tochigi
321-32 Japan
Tel. ++81-28-66 76 734
Fax: ++81-28-667 42 43

USA

Du Pont Engineering Polymers
Pencader Site
Newark, DE 19714-6100, USA
Tel. ++1-302-733 8118
Fax: ++1-302-733 8137

Les demandes d'informations provenant de pays non répertoriés ici doivent être adressées à:

Du Pont de Nemours (Belgium)
Produits Vespe^l®
A. Spinostraat 6
B-2800 Mechelen
Tél. ++32-15-44 10 11
Fax: ++32-15-44 14 08

Les informations fournies ont été établies sur la base des connaissances techniques en notre possession. Ces informations sont susceptibles d'être modifiées en tout temps au gré de nos nouvelles connaissances et de nos expériences. Ces informations correspondent aux propriétés typiques du matériau et ne concernent que ce matériau. Sauf indication contraire, les informations fournies peuvent ne pas correspondre aux propriétés typiques du matériau lorsque celui-ci est utilisé avec d'autres matériaux, des additifs ou dans certains procédés. Ces informations ne doivent pas servir à établir des limites de spécification et ne doivent pas être utilisées telles quelles pour servir de base de design. Ces informations ne doivent pas non plus se substituer aux tests éventuellement nécessaires à déterminer si le matériau en question est adapté à l'usage auquel vous le destinez. En l'absence de connaissances particulières de vos conditions d'utilisation du matériau, DuPont n'assume aucune obligation de résultat de même qu'aucune responsabilité en relation avec l'utilisation des informations fournies. Les informations contenues dans cette brochure ne sauraient être interprétées comme une licence sous quelque brevet que ce soit ou comme une invitation à enfreindre des droits découlant de la propriété intellectuelle.

Attention: ne doit pas être utilisé comme implant humain permanent. Pour d'autres applications médicales, veuillez consulter l'avertissement de DuPont se référant aux applications médicales "DuPont Medical Caution Statement, H-50102".

DU PONT®

Vespe^l®
Par DuPont

