

EXCLUSIF DU PROGRAMME  
DE VENTE AU DÉTAIL  
**BERU**

## La nouvelle technologie de bougie de préchauffage du leader mondial sur le marché

La bougie de préchauffage avec  
capteur de pression PSG :  
développée par BERU Systems,  
premier et unique fabricant en série.

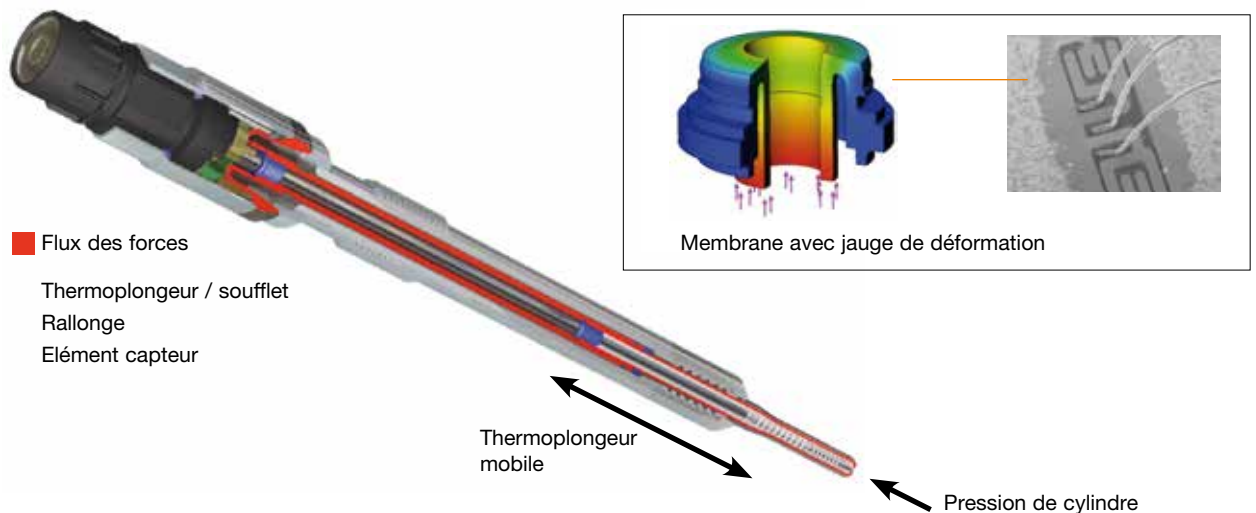
# La bougie innovante de préchauffage avec capteur de pression.

Avec la première bougie de préchauffage sur le marché mondial permettant la régulation des processus de combustion dans un système closed-loop, BERU Systems souligne une fois encore sa supériorité technologique. Grâce à la bougie de préchauffage avec capteur de pression PSG (Pressure Sensor Glow Plug), il est par exemple possible d'obtenir, dans les moteurs modernes downsizés, des pressions de pointe élevées, de repousser encore les limites des procédés de combustion standards et ainsi que d'établir un contrôle stable à long terme des émissions pendant la durée complète de vie du moteur. Pour cela, la PSG évalue pour chaque cylindre la pression de la chambre de combustion fluctuant de manière cyclique et la transmet en permanence au système électronique de commande du moteur. C'est pourquoi, les bougies de préchauffage avec capteur de pression BERU ont une importance primordiale pour une régulation précise des processus de combustion.

## Le mode de fonctionnement.

Un thermoplongeur mobile est la base du principe de mesure. Il joue également le rôle d'élément de transmission vers le récepteur de mesures piézorésistif situé dans la partie arrière de la bougie de préchauffage. Là, la déformation de la membrane de mesure est évaluée à l'aide de jauges de déformation donnant des informations précises sur la pression actuelle de la chambre de com-

bustion. Grâce à un circuit électronique spécifique, les données sont transmises à l'appareil de commande du moteur qui adapte alors le circuit (ASIC) en conséquence. Ainsi, grâce à la PSG de BERU, il est possible d'obtenir une régulation en temps réel du closed-loop.



Découvrez le mode de fonctionnement de la PSG dans la chambre de combustion en verre : sur [www.beru.com](http://www.beru.com)

## Les avantages en un coup d'œil.

- Jusqu'à 200 bars, la pression des cylindres peut être enregistrée avec une précision de +/- 2% et une résolution pouvant atteindre 700 pas par cycle de combustion.
- L'appareil de commande du moteur peut notamment ajuster en permanence l'injection de carburant, la pression d'admission ainsi que le taux de recyclage des gaz d'échappement.
- Il est possible d'optimiser l'allumage cylindre par cylindre.
- Le moteur peut fonctionner dans la plage optimale alliant performance maximale et émissions minimales.
- Les bruits de combustion peuvent être réduits.
- Une stabilité à long terme du processus de combustion est possible.
- La qualité de démarrage ainsi que le fonctionnement à froid est améliorée.
- Le vieillissement de l'injecteur est compensé avec efficacité.
- Une commande optimale du couple de rotation est possible.
- Les tolérances des composants, les imprécisions en termes de mesure du carburant ainsi que les différentes conditions de fonctionnement et de qualités du carburant (comme la large dispersion de l'indice de cétane aux Etats-Unis par exemple) peuvent être compensées.
- En première monte, les capteurs onéreux d'émission NO<sub>x</sub> ne sont plus indispensables. En matière de développement, il semble également réaliste de se fixer comme objectif d'enlever le débitmètre d'air massique.
- Le retraitement des gaz d'échappement peut être réduit.

# Récompenses.

La PSG de BERU a été récompensée par des prix internationaux très prisés.

## Automotive News PACE Award 2009.



Dans la catégorie « produits Europe », la PSG de BERU s'est vu attribuer le célèbre prix Automotive News PACE Award 2009. BERU, face à plusieurs centaines de concurrents, a ainsi remporté le concours organisé par l'Automotive News, Ernst & Young et le Transportation Research Center Inc.. Avec les PACE Awards – PACE signifiant Premier Automotive Suppliers' Contribution to Excellence – on récompense depuis 15 ans les innovations remarquables des sous-traitants automobiles.

Automotive News PACE Award 2009.

## Lillehammer Award 2008.

La PSG de BERU a reçu le prix EUREKA Lillehammer Award 2008. Cette récompense, du programme européen de recherche EUREKA pour la recherche et le développement industriels, est



Le prix Lillehammer Award 2008 d'EUREKA.

attribuée aux projets contribuant significativement à la protection durable de l'environnement.

## Automechanika Innovation Award 2006.

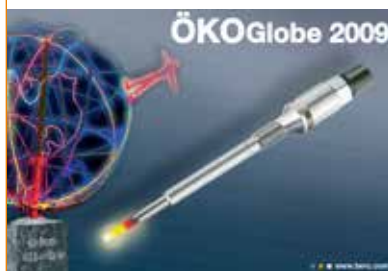
Juste avant l'ouverture de l'Automechanika 2006 à Francfort, un jury spécialisé constitué de représentants du secteur de l'économie, de la presse et des unions professionnelles a attribué à la PSG de BERU, dans la catégorie « parts », l'Automechanika Innovation Award, prix reconnu internationalement.



Automechanika Innovation Award 2006.

## ÖkoGlobe 2009.

La PSG de BERU a pris la seconde place dans la catégorie « innovation sous-traitant » du célèbre ÖkoGlobe-Award 2009 - l'unique prix de la branche automobile et de la mobilité prenant exclusivement en compte les critères écologiques. En 2009, l'ÖkoGlobe



récompensait pour la troisième fois des « innovations prometteuses dans le domaine de la mobilité ».

## Green Directory – Automechanika 2008.

Lors de l'Automechanika 2008 à Francfort, le premier Green Directory a été créé. Il s'agit d'un « guide vert pour les visiteurs



» indiquant comment trouver des exposants sélectionnés présentant des technologies, produits et prestations contribuant particulièrement au développement durable et à la réduction des émissions. La PSG figurait dans ce guide écologique. Pour

BERU, c'était à la fois une véritable reconnaissance mais aussi une stimulation : seuls 25 produits des quelques 4 600 exposants de l'Automechanika admis à concourir remplissaient les sévères critères.

## Grands Prix Internationaux – Equip Auto 2005.

Dans le cadre des Grands Prix Internationaux lors de l'Equip Auto 2005, la PSG de BERU a remporté, dans la catégorie

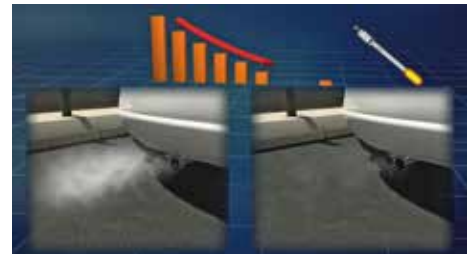
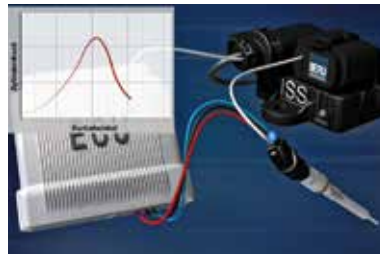
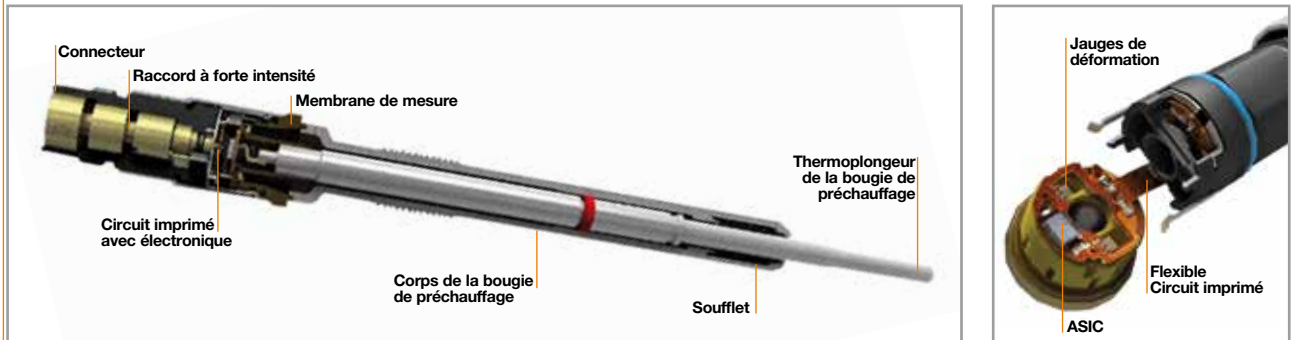


« Engineering and Advanced Technologies », le Gold Trophy, un prix décerné tous les 2 ans pour les techniques particulièrement innovantes.

Gold Trophy– Equip Auto 2005.

# Structure et fonctionnement de la PSG de BERU.

La PSG de BERU, la bougie de préchauffage avec capteur, se compose d'un robuste thermoplongeur mobile ainsi que d'un capteur émettant dans la chambre de combustion, pour chaque cylindre, des signaux de pression précis et stables sur le long terme nécessaires à la réalisation d'une régulation closed-loop. Ceux-ci sont traités dans le système électronique d'analyse et transmis à l'appareil de commande du moteur. Ainsi, l'injection est continuellement ajustée en temps réel en fonction de la combustion réelle.

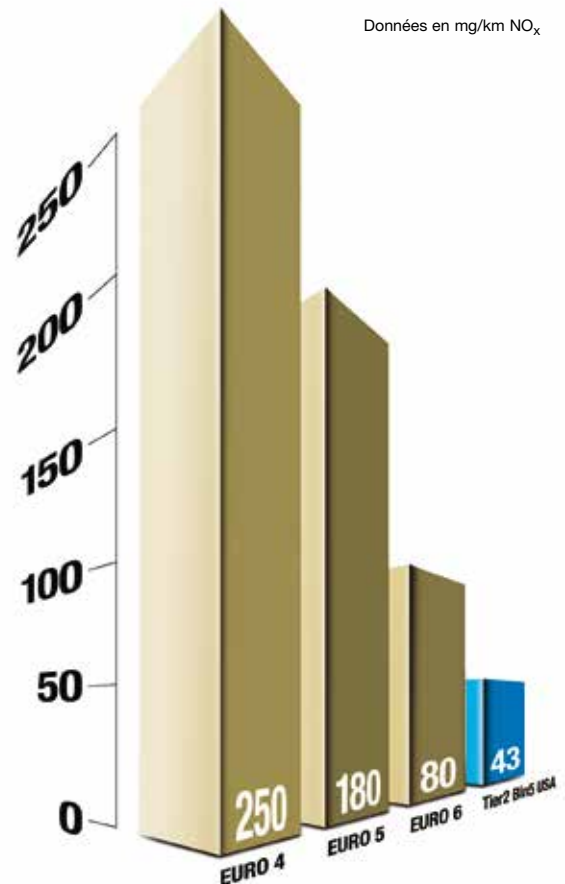


## Caractéristiques techniques.

- Fonctionnement du capteur : piézorésistif
- Thermoplongeur mobile de transfert de la pression
- Élément d'étanchéité robuste entre corps et thermoplongeur
- Dispositif électronique miniaturisé et intégré dans la partie supérieure de la bougie de préchauffage
- Calibrage et programmation en fonction des besoins du client
- Connecteur automobile concentrique intégré

Afin de respecter les directives légales toujours plus strictes, le moteur doit fonctionner dans des conditions optimales. Ceci est possible grâce à une régulation précise de la combustion.

**EURO 4:** depuis le 01.01.2005  
**EURO 5:** depuis le 01.09.2009  
**EURO 6:** depuis le 01.09.2014





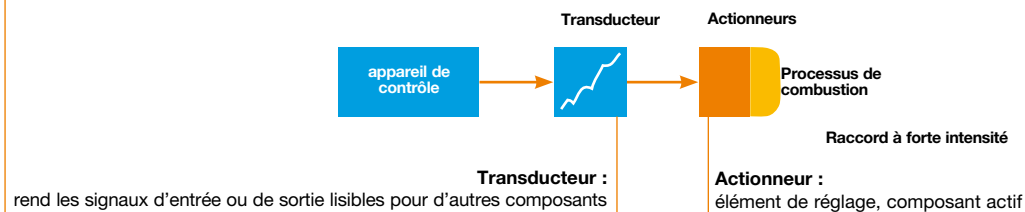
# Régulation précise de la combustion et downsizing pour satisfaire aux normes actuelles et futures en termes d'émissions.

Afin de respecter les valeurs limites d'émission toujours plus strictes fixées par la loi pour les nouveaux véhicules et afin de mieux exploiter les potentiels d'économies du moteur à combustion, il est nécessaire de réduire les émissions brutes dès la chambre de combustion. Cela signifie : depuis la commande des processus de combustion jusqu'à la régulation active adaptée à la situation de fonctionnement. Ainsi, le domaine de compétence de la bougie de préchauffage s'étend.

## La commande dans un système open-loop.

Dans les moteurs Diesel, la combustion était jusqu'à présent pratiquement toujours amorcée en boucle ouverte, et non pas en boucle fermée. Cela signifie que, pour le système à rampe commune à haute pression (common-rail) par exemple, les valeurs d'entrée proviennent de différents capteurs. Les signaux de sortie sont calculées en fonction de ces entrées et des diagrammes caractéristiques stockés dans l'ECU. Ces signaux sont transmis aux actionneurs (injecteurs, etc.) qui les appliquent. La combustion amorcée de cette manière a lieu sans surveillance supplémentaire. Ainsi, les options d'optimisation des émissions brutes

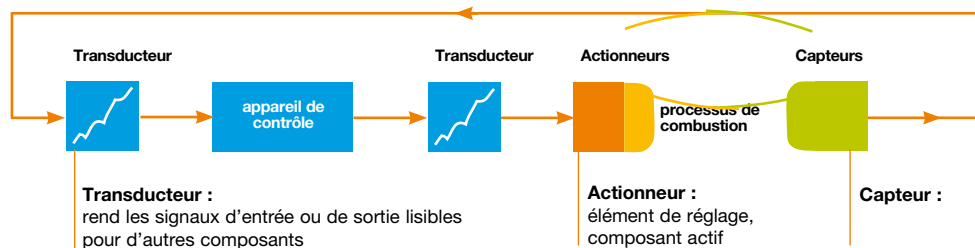
sont très limitées. La dérive liée au vieillissement des propriétés des composants ne peut notamment pas être correctement prise en compte. Il est par exemple impossible de vérifier si la valeur initiale calculée par le module de commande comme point de consigne correspond réellement à la valeur réelle. Par conséquent, la valeur réelle comme la valeur de sortie actuelle n'a pas d'influence directe sur des données ayant de l'importance pour le module de commande. Cela signifie que des interférences (fuites d'air, tolérances maximales de fabrication ou tolérances du carburant) ne peuvent pas être compensées.



## Efficacité extrême : le réglage dans un système closed-loop.

Afin de satisfaire à de futures valeurs limites d'émission plus sévères, le moteur Diesel doit également fonctionner en système closed-loop (en circuit de réglage fermé). Pour la mise en place d'une telle régulation, des informations fiables provenant de la chambre de combustion sont indispensables. Elles permettent que les valeurs de sortie, évaluées par l'appareil de commande, jouent le rôle de valeurs d'entrée dans les calculs de l'appareil de commande du moteur. Les différences par rapport aux valeurs de consigne étant détectées par le système, il est possible de compenser les grandeurs perturbatrices telles que faux tirage,

tolérances de fabrication de composants ou tolérances du carburant etc. On peut donc obtenir, durant la totalité du fonctionnement, des valeurs d'émission stables. Ainsi, les obligations légales strictes peuvent être respectées. La PSG, la bougie de préchauffage avec capteur de pression développée par BERU Systems, joue un rôle primordial dans ce type de régulation : elle mesure la pression du cylindre et transmet les signaux correspondants afin de garantir une combustion d'une grande efficacité.



## Downsizing.

Avec le downsizing, grâce à une réduction de la cylindrée, on obtient une réduction de la consommation et du CO<sub>2</sub> tout en conservant les performances du moteur. L'idée de base : les moteurs dont la cylindrée est réduite sont plus légers. Ils ont des frottements absolus plus faibles et, en fonctionnement à charge partielle, des pertes de transmission de pression réduites. Ils fonctionnent en suralimentation et obtiennent ainsi un meilleur niveau de rendement.

Ici aussi, la PSG de BERU joue un rôle essentiel : grâce à l'enregistrement précis de la pression dans la chambre de combustion, il est possible d'obtenir des pressions de pointe plus élevées et de repousser le processus de combustion standard à ses limites. Le résultat : de meilleures performances du moteur combinées à un meilleur rendement c'est à dire une consommation et des émissions réduites.

# Nouveau moteur Volkswagen Euro 6 : Un air plus respirable, avec BERU PSG !

1er septembre 2014 : entrée en vigueur de la norme Euro 6. Pour respecter les limites d'émissions plus strictes, les constructeurs automobiles et les motoristes travaillent sur de nouveaux groupes motopropulseurs, consommant moins de carburant et émettant moins d'émissions. Volkswagen a par exemple mis au point un moteur Diesel 2 litres de 135 kW/184 cv, avec une consommation standard de 4,2 l de gazole.

La nouveauté la plus significative est l'arbre à cames à calage variable. Il peut modifier la compression à la demande : un taux de compression élevé est nécessaire pour les phases de démarrage à froid et de réchauffage, il est ensuite réduit quand le moteur est chaud. De même, la pression des injecteurs a été augmentée jusqu'à 2000 bars grâce à de nouveaux systèmes d'injection. Ceci contribue à réduire les émissions jusqu'à 40 %.

Le post-traitement des gaz d'échappement pour les Diesel représente un autre défi pour les concepteurs de moteurs. Contrairement aux moteurs à allumage commandé, les Diesel produisent des gaz d'échappement « froids ». Cependant, tous les systèmes de traitement des gaz d'échappement requièrent des températures relativement élevées. Pour atteindre ces températures, les moteurs Euro 6 appliquent un double recyclage des gaz d'échappement. Ceci exige des modules de commande de conception récente en raison du contrôle et de la commande accrue en amont. Un catalyseur accumulateur installé en aval du filtre à particules réduit les oxydes d'azote de 180 à 80 milligrammes par kilomètre.

Les bougies de préchauffage à capteur de pression (PSG) BERU permettent de gérer ces processus complexes d'une façon ciblée : elles surveillent la pression dans les cylindres et régulent l'admission du volume correct d'air.

Avec cet équipement, le Diesel devient un purificateur d'air : le mélange expulsé par l'échappement du nouveau moteur diesel Euro 6 est plus propre que l'air d'admission, en partie grâce aux bougies de préchauffage à capteur de pression BERU.

## PSG001



Opel Insignia

## PSG002



VW Golf VI



VW Touareg

## PSG003



Opel/Vauxhall Meriva B



Opel/Vauxhall Corsa D

## PSG004



Opel/Vauxhall Mokka



Opel/Vauxhall Astra J

## PSG005



Opel/Vauxhall Zafira

Maintenant aussi disponible pour les revendeurs et les ateliers de réparation.

### PSG001

No de commande BERU PSG001 -0 103 010 903  
Réf. GM 55 564 163 – Réf. Opel/Vauxhall 18 26 354  
Réf. GM 55 579 436 – Réf. Opel/Vauxhall 12 14 087

### PSG002

No de commande BERU PSG002 -0 103 111 104  
Réf. groupe Volkswagen 03L 905 061 D, E, F

### PSG003

No de commande BERU PSG003 -0 103 110 904  
Réf. GM 55 577 419 – Réf. Opel/Vauxhall 12 14 061  
Réf. GM 55 580 403 – Réf. Opel/Vauxhall 12 14 086  
Réf. GM 55 565 634 – Réf. Opel/Vauxhall 12 14 057

### PSG004

No de commande BERU PSG004 -0 103 010 104  
Réf. GM 55 568 366 – Réf. Opel/Vauxhall 12 14 088  
Réf. GM 55 590 466 – Réf. Opel/Vauxhall 12 14 104

### PSG005

Réf. GM 55 571 600 – Réf. Opel/Vauxhall 12 14 099

### PSG006

No de commande BERU PSG006 -0 103 010 907  
Réf. GM 55 590 467 – Réf. Opel/Vauxhall 12 14 101



# BERU - leader mondial dans la technologie du Démarrage à froid moteur Diesel.

En 1929 déjà, BERU mettait au point la première bougie de préchauffage. Aujourd'hui, BERU pose encore sa marque sur le marché avec de nombreuses innovations brevetées : qu'il s'agisse de la bougie à autorégulation ayant une fonction de post-chauffage, du système Instant Start ISS ou bien de la bougie intelligente de préchauffage avec capteur de pression PSG.

## Historique des innovations.

- 2013** Plus de 3 millions de PSG vendues (à janvier 2013)
- 2012** BERU fête ses 100 ans et lance une chaîne de fabrication entièrement automatisée de bougies de préchauffage avec capteur de pression (PSG) à Ludwigsbourg
- 2010** BERU ajoute les PSG à sa gamme. Fabrication en série des bougies de préchauffage céramiques BERU dotées d'une nouvelle technologie
- 2008** La PSG de BERU passe en série également en Europe



- 2007** Première mondiale : BERU fournit la première bougie intelligente de préchauffage avec capteur de pression PSG (Pressure Sensor Glow Plug) pour la première monte sur des véhicules américains

- 2006** Lancement sur le marché de l'ISS de BERU, 2<sup>ème</sup> génération avec un nouvel appareil de commande et une bride chauffante supplémentaire



- 2001** Lancement sur le marché du premier système de démarrage rapide des moteurs Diesel à commande électronique (ISS)

- 1991** 3 phases de chauffage (préchauffage - chauffage au démarrage - post-chauffage) grâce à la capacité à post-chauffage de la bougie de préchauffage à autorégulation pour démarrage rapide



- 1978** Première bougie de préchauffage à autorégulation pour démarrage rapide avec un temps de préchauffage de seulement 5 à 7 secondes

- 1975** La première bougie de préchauffage à chauffe rapide raccourcit le temps de préchauffage à 20 secondes

- 1931** Invention et pose d'un brevet de la première bougie de préchauffage à filaments à 2 pôles - dans les années 60, la bougie de préchauffage à filaments a été perfectionnée pour obtenir la bougie de préchauffage à crayon



- 1929** Développement et fabrication de la première bougie de préchauffage pour le démarrage à froid des moteurs diesels.



## Un échange délicat

La liste d'applications des bougies de préchauffage avec capteur de pression est longue et elle s'allonge constamment. BERU reste l'unique fournisseur des bougies PSG de tous les constructeurs automobiles qui utilisent cette technologie avancée, technologie fondamentale pour respecter les normes actuelles et futures en matière de gaz d'échappement.

Le capteur est extrêmement sensible. Lors du remplacement des bougies, des précautions doivent être prises pour ne pas l'endommager et nuire à son fonctionnement :

- Une chute de seulement 2 cm peut endommager la PSG.
- Retirer le connecteur uniquement à la main pour éviter d'endommager la bougie.
- Pose et dépose uniquement à l'aide de l'outil spécial BERU. Poussez l'outil sur la PSG jusqu'à ce que la tête hexagonale de la bougie de préchauffage soit complètement recouverte. Notez le couple de serrage.
- Retirez le capuchon protecteur uniquement après l'installation de la bougie.

### Méthode de dépose correcte :

- Déposez le cache du moteur et les autres composants qui entravent l'accès aux bougies de préchauffage (1).
- Débranchez manuellement le connecteur électrique (2) de chaque bougie de préchauffage.
- Veillez à éviter l'entrée de tout corps étranger dans les chambres de combustion en nettoyant le pourtour de la bougie de préchauffage en question (3). Si le circuit de carburant a été ouvert, veillez également à la propreté et obturez si possible les câbles à l'aide d'un capuchon.
- Desserrez la PSG uniquement à l'aide de la douille BERU pour éviter d'endommager le bloc de connexion. Important : Couvrez entièrement la tête hexagonale de la PSG (4) + (5). Utilisez une clé dynamométrique et ne pas dépasser le couple de rupture autorisé (6).
- Déposez la bougie de préchauffage (7).























## Processus simple de pose de la bougie de préchauffage

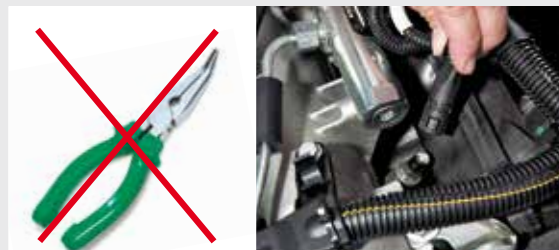
- Avant la pose, enduisez le filetage et le corps de la PSG neuve avec la graisse de montage de bougie de préchauffage BERU GKF01 (réf. 0 890 300 034) pour éviter le collage avec le temps (8).
- Nettoyez le puits de la bougie de préchauffage ainsi que le filetage de la culasse pour éliminer l'huile et les résidus de combustion. Important : Veillez à éviter toute pénétration de corps étrangers dans la chambre de combustion.
- Vissez d'abord la bougie de préchauffage à la main (9), puis serrez-la à l'aide d'une clé dynamométrique (respectez le couple de serrage !) équipée d'une douille BERU (10). Important : Couvrez entièrement la tête hexagonale de la PSG (4) + (5)
- Retirez maintenant (et non pas avant !) le capuchon protecteur de la PSG pour éviter d'endommager les connecteurs mâle et femelle.
- Branchez le connecteur en le poussant jusqu'au déclic sur la PSG (11).
- Reposez le cache du moteur et tous les composants déposés auparavant (12).
- Finalement, vérifiez si des codes d'erreur apparaissent dans la mémoire du module de commande du moteur et effacez-les le cas échéant.



### COUPLES DE SERRAGE ET DE RUPTURE POUR LES BOUGIES DE PRÉCHAUFFAGE PSG BERU

#### Valeurs de montage pour les bougies de préchauffage PSG

	PSG 001 (M9x1)		11 Nm		22 Nm
	PSG 002 (M10x1)		12 Nm		35 Nm
	PSG 003 (M9x1)		11 Nm		22 Nm
	PSG 004 (M10x1)		13 Nm		35 Nm
	PSG 005 (M10x1)		13 Nm		35 Nm
	PSG 006 (M9x1)		11 Nm		22 Nm



Important : débranchez le connecteur des PSG BERU manuellement et non pas à l'aide de pinces ou d'outils similaires !



Dépose et pose sûre des bougies de préchauffage PSG à l'aide d'une douille de 12 mm BERU (réf. BERU 0890000006).

# Nouvelle chaîne de fabrication modulaire des PSG dans l'usine de Ludwigsbourg

Le moteur Diesel exige des solutions intelligentes et économes en ressources comme les bougies de préchauffage PSG. Cette bougie de préchauffage innovante est de plus en plus populaire. Pour satisfaire la demande croissante à moyen et long termes, BorgWarner a investi dans une chaîne de fabrication ultramoderne.

Le concept entièrement automatisé comprend 16 modules séparés dans lesquels se déroule l'ensemble du processus, depuis la livraison de la première pièce séparée jusqu'à la bougie PSG totalement montée. La caractéristique fondamentale de la nouvelle chaîne de fabrication est la stricte séparation des processus d'assemblage et de soudage avec un haut niveau de fiabilité et d'efficacité. Le soudage utilise la toute dernière technologie laser. Les opérations de soudage sont optimisées par la précision du contrôle de l'apport et de l'évacuation du gaz protecteur et surveillées par des systèmes de caméras très sophistiqués. Une commande basée sur PC permet la traçabilité jusqu'à chaque composant. De nombreux instruments d'essais intégrés dans la chaîne de transformation garantissent le haut degré de qualité de chaque bougie de préchauffage à capteur de pression BERU.



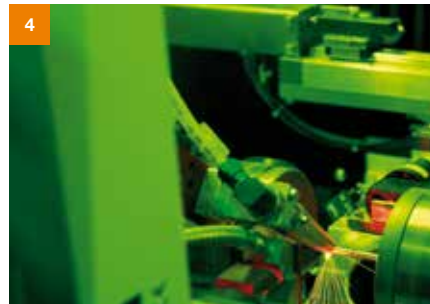
1 *Vue d'ensemble de la chaîne de fabrication modulaire des bougies de préchauffage à capteur de pression.*



2 *Début du processus de fabrication entièrement automatisé : Montage de l'élément chauffant et de son prolongement...*



3 *... présenté ici en détail.*



4 *L'élément chauffant et son prolongement sont soudés au laser dans le 2e module.*



5 *Le joint torique est monté dans le prolongement ici pour centrer l'élément chauffant.*



6 *Le connecteur électrique de préchauffage est alors monté et soudé sur la borne interne.*



7 *Cette étape de la fabrication est surveillée par un système de caméra.*



8 *Le connecteur de courant de préchauffage est introduit par le conduit à l'intérieur du module du capteur.*





9 Dans le 6e module, le capteur est soudé au laser sur le prolongement.



10 Dans le module logistique, les pièces sont déplacées de la première vers la deuxième chaîne de fabrication, où a lieu initialement le pré-montage de l'embout.



11 L'introduction de la partie supérieure de la bougie de préchauffage est surveillée et filmée par une caméra.



12 Pour un support souple de la tige chauffante, le tube incandescent est entouré d'un manchon. La photo illustre l'alimentation en manchons par un rail convoyeur.



13 Essai de fonctionnement sur 100 % des PSG : l'essai d'incandescence prouve que la bougie atteint la température requise dans le temps alloué.



14 Vient ensuite l'essai d'étanchéité.



15 Suivi par le contrôle de la géométrie de la bougie : les dimensions finales et la précision de la concentricité sont filmées par un système de caméra.



16 Seules les bougies ayant réussi tous les essais passent à l'étape suivante, le marquage au laser.



17 Pour terminer, les bougies de préchauffage à capteur de pression sont emballées pour expédition.

BERU® is a Registered Trademark of BorgWarner Ludwigsburg GmbH  
PRMBU1436-FR

Euro 0 Euro I E

0%

-10%

-20%

-30%

-40%

-50%

-60%

-70%

-80%

-90%

-100%



Global Aftermarket EMEA  
Prins Boudewijnlaan 5  
2550 Kontich • Belgium

[www.federalmogul.com](http://www.federalmogul.com)  
[www.beru.federalmogul.com](http://www.beru.federalmogul.com)

[beru@federalmogul.com](mailto:beru@federalmogul.com)

 [www.fmecat.eu](http://www.fmecat.eu)

Perfection  
intégrée

