

INNOVATION. HYDROGÈNE. ÉCOLOGIE.

Hydrogen Injection System

LOGIKKO

White Paper

**Principes Scientifiques des
Systèmes LOGIKKO**

Hydrogen **I**njection **S**ystem (**H.I.S.**)



Principe de base

LOGIKKO a lancé un système d'Économiseur d'énergie, qui utilise comme principe de base les avantages de **l'ajout d'hydrogène pour améliorer la combustion d'un moteur**.

La difficulté de l'hydrogène réside dans sa production, sa distribution et son stockage. **La meilleure façon d'obtenir du ($2\text{H}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)}$) sans avoir à le stocker dans un conteneur relié au moteur est de le générer in situ en utilisant l'électrolyse de l'eau**. Auquel cas le seul moyen de stockage à prévoir est un petit flacon d'eau.

Principe de l'électrolyse de l'eau

1 - De l'électricité passe entre deux plaques métalliques immergées dans l'eau. On apporte l'électricité grâce à une source d'alimentation de type générateur (batterie de voiture par exemple).

Cette réaction se fait en deux demi-réactions simultanées :

- **À l'anode**, l'oxydation de l'eau libère des électrons : $2 \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow 4 \text{H}^+_{(aq)} + \text{O}_{2(g)} + 4 \text{e}^-$
- **À la cathode**, la réduction des ions H^+ consomme les électrons : $4 \text{H}^+_{(aq)} + 4 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{H}_{2(g)}$

La molécule de H_2O est cassée pour devenir du dihydrogène H_2 et du dioxygène O_2 sous forme gazeuse. Finalement, nous obtenons la réaction suivante :



Ces molécules vont permettre l'amélioration de la combustion et la baisse des pollutions locale et globale.

Voyons plus en détails :



Quelle est la réaction idéale lors d'une combustion ?

Plusieurs éléments interviennent lors d'une combustion. Selon l'équation :



Carburant : combustible qui alimente une machine thermique. Il s'agit d'hydrocarbures de formule chimique $C_nH_mO_r$ (carburant d'origine pétrolière, synthétique, bio-carburants, etc...).

Comburant : autre réactif nécessaire à la combustion. Souvent de l'oxygène de l'air (composition de l'air 21% O_2 et 79% N_2).

Enthalpie de réaction (ΔH) : grandeur de réaction associée à l'équation-bilan d'une réaction chimique effectuée à température T et pression P constantes. Elle permet d'avoir directement accès à la quantité d'énergie libérée sous forme de chaleur (énergie thermique).

Une combustion efficace comprend :



des réactifs performants (carburants et comburants)



de bonnes proportions des réactifs



une injection de carburant moteur étudiée pour une bonne mise en contact moléculaire

Exemples simples :

Combustion parfaite du carbone : $C + O_2 \rightarrow CO_2 + \text{Chaleur}$

Combustion parfaite du propane : $C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O + \text{Chaleur}$

Combustion parfaite du gazole : $2C_{16}H_{34} + 49O_2 \rightarrow 32CO_2 + 34H_2O + \text{Chaleur}$

Mais la réaction chimique dans un moteur est incomplète

On aimerait avoir : $\text{Carburant} + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O + \text{Chaleur}$

Mais en réalité, nous avons :

$\text{Carburant} + O_2 + N_2 + \text{Ar} + \dots \rightarrow \text{HC} + CO_2 + CO + NO + NO_2 + N_2O + SO_2 + \dots + O_2 + N_2 + H_2O + \Delta H$

En réalité, la combustion du carburant donne d'autres composés qui sont des polluants (dont HC, CO, NOx, SOx) toxiques.

Par ailleurs, dans un moteur thermique classique le rendement de combustion ne dépasse pas $\eta_{\text{comb}}=0.5$; il y a donc 50% de pertes énergétiques dont des imbrulés (HC). **Ainsi, l'un des principaux inconvénients des moteurs thermiques est la forte consommation de carburant due au caractère incomplet de la combustion.** (Source : IFP Energies Nouvelles)

Pourquoi la réaction est-elle incomplète ?

D'une part, **les conditions de réaction dans la chambre de combustion sont hétérogènes et donc elles ne sont pas idéales partout**. D'autre part **le dosage des réactifs est mauvais** et conduit à une réaction incomplète (formation de produits secondaires non désirés, existence de réactifs résiduels et énergie créée non optimale).

En effet, la qualité de la combustion dépend étroitement du rapport air/carburant noté λ du mélange admis dans la chambre de combustion.

Voici une cartographie de la provenance des polluants rejetés par un moteur thermique classique :



CO₂ Produit de la combustion idéale

- o - Ne diminue que si la consommation de carburant diminue



CO Issu d'un mauvais dosage : Trop peu d'air (Mélange dit riche)

- o - Une autre réaction peut se produire : $\text{CO}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$



HC Issu d'un mauvais dosage : Trop peu d'air (Mélange riche)

- o - Une autre réaction peut se produire : Cracking ou recombinaison



Particules Mauvais dosage : Trop peu d'air (Mélange riche)



NOx Milieu réactionnel : Trop haute T°

(Source : L. LE MOYNE, *Moteurs thermiques, Université de Bourgogne*)

Nous pouvons penser que si on se place dans des conditions de mélange pauvre (ajouter beaucoup d'air de telle sorte que le rapport air/carburant λ , soit supérieur à 1), on améliore la combustion. Cependant, dans la réalité, si on augmente λ le moteur perd en puissance et en stabilité : il cale. Un excès d'O₂ est également à l'origine d'un rejet de NOx supplémentaire.



Comment l'hydrogène améliore la combustion ?

L'hydrogène produit par le dispositif de LOGIKKO agit sur les 3 points qui font d'une combustion une réaction efficace. Ainsi, il améliore la qualité des réactifs (carburants), veille à ce que les proportions stœchiométriques soient toujours respectées et assurent une bonne mise en contact moléculaire dans le milieu réactionnel.

1 - Amélioration des réactifs

Dans un moteur à combustion interne, la vitesse de la flamme d'un combustible est une propriété qui détermine sa capacité à subir une combustion contrôlée, sans détonation. C'est un paramètre utilisé pour déterminer l'efficacité du moteur. En effet, selon la NASA, « *Les processus de combustion à vitesse de flamme élevée, qui se rapprochent des processus à volume constant, devrait se traduire par des rendements élevés* ». Aussi, la vitesse de flamme de l'hydrogène est-elle environ 10 fois supérieure à celle du carburant. **Mélangé au carburant, l'hydrogène va augmenter la vitesse de flamme du mélange et donc augmenter la vitesse de la combustion, qui sera alors plus complète et surtout plus stable.**

Caractéristique de l'inflammation de l'hydrogène et du propane

Propriétés	Unités	Hydrogène	Propane
Domaine d'inflammabilité dans l'air	% vol	4-75	2,1-9,5
Énergie minimale d'inflammation	mJ	0,02	0,26
Température d'auto-inflammation	°K	858	760
Vitesse de combustion dans l'air (à P_{ATM} et T_{amb})	cm/s	265-325	30-40
Énergie d'explosion	gTNT/g produit kgTNT/cm ³ gaz (à PE)	24 2,02	10 20,3

Source : Commission of the European Communities and the Government of Québec, November 1993

2 - Les proportions stœchiométriques

Pour qu'une combustion soit efficace les réactifs doivent être introduits dans des proportions stœchiométriques. Il doit donc y avoir assez d'oxygène de l'air pour que la combustion du carburant ait lieu.

Une question se pose alors : en ajoutant de l'hydrogène ne risque-t-on pas de baisser la proportion d'oxygène dans le mélange réactionnel ? La réponse à cette question est non puisque **le gaz produit est un mélange d'O₂ et d'H₂ produit naturellement en proportions stœchiométrique par l'électrolyse.**

Même si l'H₂ était seul à participer à la combustion ; la quantité d'hydrogène requise pour augmenter la vitesse de flamme du mélange ne dépasse pas 1% du volume d'air introduit, ce qui ne rompra aucunement l'équilibre de la réaction. Nous pouvons préciser que pour la plupart des moteurs la dilution est même plutôt proche du 1/1000 puisqu'on produit en pratique environ 1 l/min d'hydrogène pour 1 à 2 m³/min d'air absorbé par l'admission du moteur.

3 - Mise en contact moléculaire

D'une part, le dihydrogène est la plus petite molécule du mélange réactionnel. Il entre dans la chambre de combustion avec une plus grande célérité, a une énergie d'activation plus faible et engage plus de collisions intermoléculaires que les molécules lourdes. D'autre part, l'ajout d'hydrogène au carburant augmente la cadence du processus de cracking moléculaire durant lequel de longues chaînes d'hydrocarbures sont cassées en plus petits fragments. Cela contribue donc à **augmenter la surface de contact des hydrocarbures avec l'oxygène dans le mélange réactionnel et permet une combustion plus complète.** (Source : Dr. Gilbert GALLAHAR. *The use of « the higher form of water » as a catalyst to increase flame velocity in an internal combustion engine. Ph.D.*)

En somme, les conditions de combustion du mélange avec H₂ sont améliorées pour que la combustion soit la plus complète possible.

Que devient la réaction avec l'intégration d'un système LOGIKKO ?

Grâce à notre dispositif la réaction dans le moteur est :



La réaction est plus complète, il y a moins de produits parasites et surtout moins de réactifs imbrûlés. On comprend que le rendement de combustion est amélioré. En effet :

$$\eta_{\text{comb}} = \frac{Q^{\text{é}} \text{ carburant utile}}{Q^{\text{é}} \text{ carburant initial}}$$

Et il existe un équilibre :

$$Q^{\text{é}} \text{ carburant initiale} = Q^{\text{é}} \text{ carburant utile} + Q^{\text{é}} \text{ carburant imbrulé}$$

Comme il y a moins de carburant rejeté sans avoir réagi, il y a plus de carburant utile et l'efficacité du système est meilleure. En conclusion, **la consommation diminue.**

Ainsi, le gaz admis permet d'améliorer la combustion en consommant les imbrûlés. Les **rejets polluants issus d'une mauvaise combustion diminuent** donc fortement voire disparaissent.

En effet les conditions de réaction sont améliorées donc on voit diminuer les rejets comme CO ou HC. La température de réaction diminue, ainsi les rejets de NOx baissent aussi. Enfin on consomme moins donc on émet moins de CO₂.

De plus, la mise en place de cette combustion complète provoque un « dégrassement » progressif du moteur; la diminution des hydrocarbures imbrûlés et des autres polluants correspond aussi à la diminution des suies et des goudrons qui habituellement tapissent tous les organes du moteur où circulent les gaz brûlés. En conséquence, les performances du moteur s'améliorent et l'économie se maximise. Le moteur est alors en fonctionnement optimal, la lubrification est améliorée, ce qui a comme nouvelle conséquence de préserver le potentiel moteur (performances plus accessibles et longévité).

