

# **MEDDTL – CGDD - PREDIT 4 G04**

**Camion gaz : démonstrateur de carburant  
gaz pour les poids lourds et bilan  
environnemental de la technologie  
dual fuel**

**Convention de subvention 10MT- PREDIT  
G04-5-CVS-125 n° chorus 2100215045**

**Rapport d'évaluation**

**Juillet 2012**

Bernard Gérardin  
GERARDIN Conseil  
188, Avenue Jean Lolive  
93500 PANTIN  
Tél/fax : 01 48 40 58 11  
Mobile : 06 10 68 80 32  
bgerardin2@wanadoo.fr

LEIGNEL Conseils  
CONSULTANT GNV  
Résidence Le Dôme  
29, rue Kléber  
92300 LEVALLOIS PERRET  
Tél : 01 40 89 32 79  
Mobile : 06 89 95 58 69  
Fax : 09 71 70 56 57  
jacques.leignel@wanadoo.fr

## SOMMAIRE

I - Rappel des objectifs du projet .....	1
II - La démarche méthodologique retenue .....	3
III - Le déroulement de l'expérimentation .....	14
IV - L'évaluation économique .....	17
V - L'évaluation environnementale .....	23
VI - L'évaluation sociale et ergonomique .....	27
VII - Le bilan global du projet .....	28
Conclusion .....	31

## **I – LES OBJECTIFS DU PROJET**

Le projet « camion gaz » a pour but d'expérimenter la technologie « dual fuel » au sein d'une exploitation en place, dans des conditions pratiques de circuits à moyenne et longue distances s'intégrant dans une relation internationale France – Allemagne à flux tendus.

Ce projet s'inscrit dans un contexte où les activités de transport de marchandises utilisant le carburant gaz GNV en France sont encore limitées et où le nombre de stations de compression permettant d'assurer l'avitaillement en carburant gaz GNV est encore très réduit en France ; ce qui complique l'organisation de l'exploitation des services.

Les activités de transport de marchandises utilisant le carburant gaz se cantonnent aujourd'hui pour l'essentiel à des transports urbains et régionaux, effectués avec des véhicules porteurs de moins de 26 tonnes.

Le projet « camion gaz », quant à lui, concerne des tracteurs lourds équipant des ensembles articulés grands routiers de 420 à 480 CV.

La technologie « dual fuel » est une technologie innovante, dite « OIGI » (« oil injection gas injection »).

Elle s'applique le plus souvent par transformation des véhicules existants actuellement en service. Elle permet l'utilisation combinée des énergies gaz / GNV et gazole.

Cette technologie a été expérimentée dans quelques pays européens, notamment au Royaume Uni par transformation des moteurs diesel sur des véhicules existants. Cette opération est réversible ; ce qui permet de revendre facilement les tracteurs sur le marché de l'occasion.

Quelques constructeurs européens et américains de poids lourds proposent désormais des tracteurs routiers « dual fuel » neufs en sortie de leurs chaînes de production.

Le projet camion gaz a permis de démontrer la possibilité d'effectuer des transports routiers à moyenne et longue distances sur des relations internationales en utilisant le carburant gaz GNV.

Dans le cadre du présent projet, il s'agit de carburant gaz GNV d'origine fossile.

Mais, on peut envisager dans une deuxième phase, d'utiliser du biométhane non fossile issu de biogaz pour avitailler partiellement les véhicules.

La technologie « dual fuel » devrait permettre de réduire les émissions polluantes dans des conditions économiques acceptables tout en limitant la dépendance du transport routier de marchandises à moyenne / longue distance vis-à-vis des produits pétroliers fossiles.

Le présent projet d'expérimentation a pour but de vérifier l'existence et de mesurer les avantages économiques et environnementaux de cette technologie tout en montrant, grâce à un démonstrateur, la faisabilité technique de l'usage de la technologie « dual fuel » dans le cadre d'une organisation logistique en flux tendus.

Ce projet vient s'intégrer dans le projet général OSCIA de l'entreprise Bosch Electronics, mené dans le cadre du pôle de compétitivité Nov@log et du PREDIT 4. Il vient prolonger le volet transport du projet OSCIA dans une perspective de développement durable.

Le présent projet comprend une évaluation approfondie d'ensemble s'appuyant sur les trois volets du développement durable :

- économique,
- environnemental,
- social.

Le volet environnemental de l'évaluation s'appuie sur un projet connexe piloté par la DRI, le CRMT, GRDF et LUXFER visant à mesurer les émissions polluantes et les consommations générées par le moteur « dual fuel » par rapport au mode diesel, dans différentes situations d'opérations de transport.

Le projet camion gaz a enfin pour but de préparer l'introduction de la technologie « dual fuel » en France grâce à une homologation des véhicules tracteurs.

Plus généralement, ce projet s'inscrit dans la perspective correspondant à l'objectif du facteur 4, à l'horizon 2050, qui ne pourra pas être atteint avec les technologies actuellement en application.

Il répond donc, dans son domaine propre, à un enjeu majeur en matière de développement durable à long terme.

## **II – LA DEMARCHE METHODOLOGIQUE RETENUE**

### **II – 1 Démarche générale**

L'expérimentation doit permettre de vérifier expérimentalement l'intérêt de la technologie « dual fuel » dans le cas de véhicules grands routiers, utilisés pour le transport de marchandises à longue distance sur une relation internationale dans le cadre d'une organisation logistique à flux tendus.

Malgré de multiples démarches et de nombreux efforts, il n'a pas été possible d'obtenir l'homologation en France pour un tracteur « dual fuel » Mercedes type ACTROS 440 CV.

Dès lors, il a été décidé d'acquérir un tracteur diesel d'occasion de ce type, de le transformer selon la technologie « dual fuel » dans les ateliers de la société Hardstaff à Nottingham et de l'immatriculer au Royaume Uni.

Ce véhicule a été loué par la Société LUXFER à la Société des Transports DESHAYES qui assure les services de transport sur la relation France – Allemagne pour le compte de la Société des Transports DESHAYES.

Préalablement à l'expérimentation sur la relation France – Allemagne, une campagne de mesures des émissions et des consommations a été effectuée par le CRMT de Dardilly sur un parcours routier dans l'Ouest Lyonnais.

Après une formation de conducteurs, l'expérimentation a été réalisée en deux phases principalement sur la boucle Mondeville (Caen) – Bobigny – Nancy.

Le détail du déroulement de l'expérimentation est décrit ci-après.

Une campagne complémentaire de mesures va être effectuée par le CRMT, suite à une modification du dispositif dual fuel effectuée dans les locaux de Hardstaff.

Un recueil systématique des consommations de gaz GNV, de gazole et d'ad blue a été effectué par les chauffeurs.

La société des Transports DESHAYES a mis à disposition une partie de ses documents comptables pour permettre une évaluation économique. Celle-ci consiste à comparer les principaux paramètres d'exploitation :

- 1/ avec un véhicule diesel classique,
- 2/ avec un véhicule dual fuel.

L'évaluation sociale porte principalement sur le ressenti des chauffeurs et des exploitants.

## II – 2 Présentation du programme d'expérimentation du projet camion gaz

### II.2.1 Organisation du plan de transport de BOSCH ELECTRONICS

Il s'agit d'assurer deux liaisons quotidiennes entre l'usine Bosch implantée à Mondeville (près de Caen) en France et plusieurs points de livraisons en Allemagne dans la région du Bade Wurtemberg pour le compte du groupe BOSCH ELECTRONICS.



Le groupe Bosch a confié la réalisation de ces services à la société des Transports DESHAYES qui travaille pour cela avec un sous – traitant implanté en Alsace : la société des Transports Messerlin.

Les livraisons et les approvisionnements s'effectuent selon le principe du « milk run » sur une base durable de partenariat.

La relation ne peut pas être effectuée directement de bout en bout par un seul conducteur, en raison des contraintes imposées par la réglementation sociale européenne des temps de conduite et par le code du Travail ; ainsi que par des contraintes économiques. C'est pourquoi, une organisation par boucles successives a été mise au point. Elle s'appuie sur trois relais :

- Relais 1 : Bobigny (en Seine Saint Denis près de Paris),
- Relais 2 : Nancy,

Cette partie du circuit constitue la première boucle des opérations de transport.

- Relais 3 : Strasbourg.

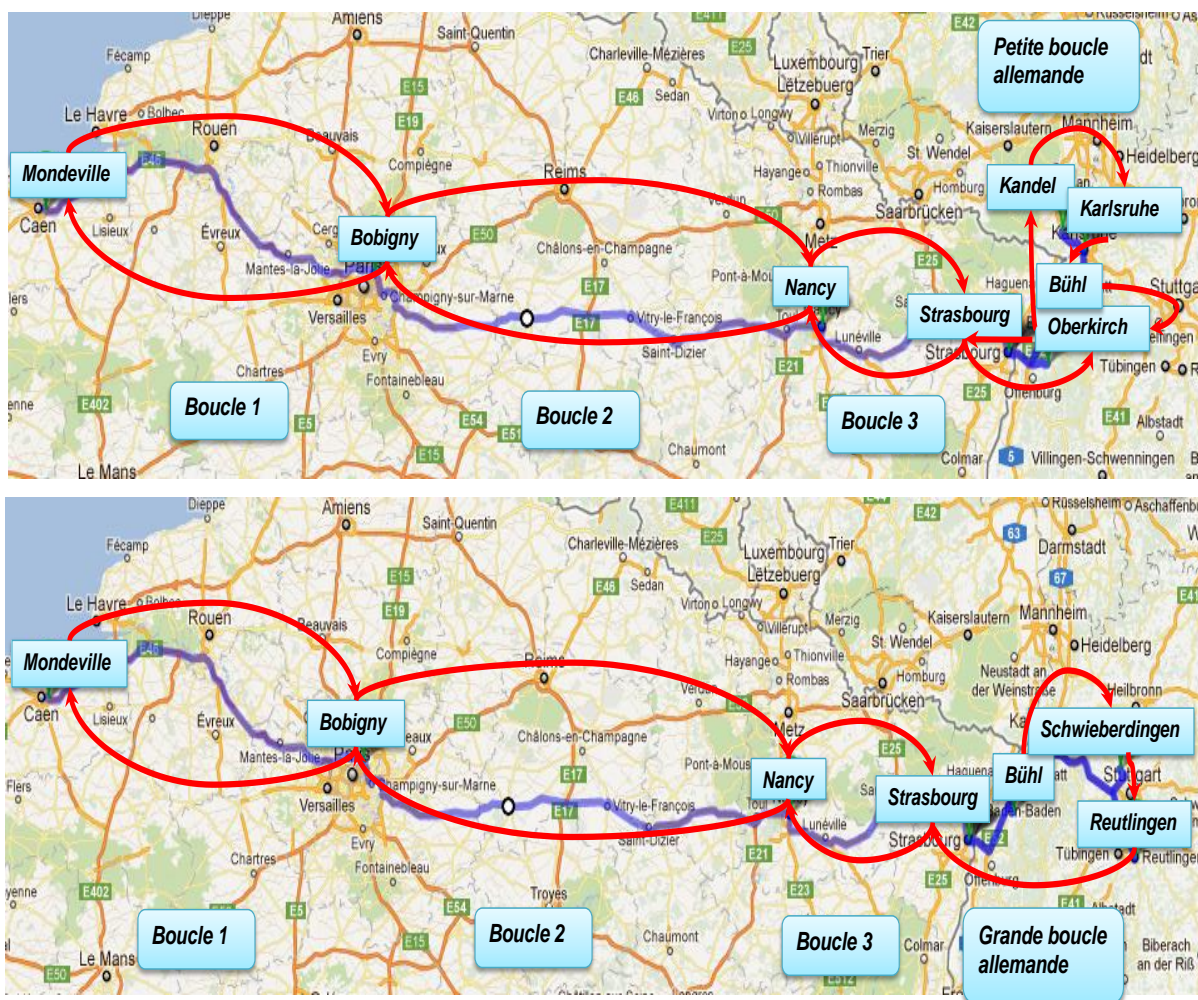
La deuxième partie du circuit représente la prestation « milk run » qui comprend la distribution, le chargement et les livraisons chez les clients finaux dans différentes usines automobiles et prestataires logistiques implantés dans le Bade Wurtemberg près de Stuttgart selon deux circuits, dits « court » pour l'un et « long » pour l'autre .

Le circuit entre NANCY et le Bade Wurtemberg constitue le deuxième type de boucles des opérations de transport.

L'expérimentation est réalisée à l'aide d'un véhicule MERCEDES type ACTROS 440 Cv.

### II.2.2 Organisation des relais

La solution qui a été retenue consiste à utiliser des relais, selon un système de boucles :



RAPPEL SYNTHÈSE DU FONCTIONNEMENT DE LA 1ère BOUCLE

Matrices des distances de Mop à Mes et des temps théoriques de déplacement associés

Le kilométrage parcouru par le véhicule dans cette boucle est d'environ 1.250 km.

	Mop	Gazole	Bobigny	Noisy le Sec	Temps mort	Bobigny	Repos	Nancy	Départ	Arrivée	Cumul
<b>Matrice des distances</b>											
Mop		240							0		
Bobigny			10						240	240	
Noisy le Sec				10					250	250	
Bobigny								340	260	260	600
<b>Matrice des temps</b>											
Mop		3:30							12:00		3:30
Bobigny			0:10						15:30	15:30	3:40
Noisy le Sec				0:40					15:30	15:40	4:20
Bobigny								4:30	16:20	16:20	8:50
Nancy									20:50	20:50	8:50
Repos							0:45		21:35	20:50	9:35
Nancy		4:30							21:35		14:05
Temps mort					03:55					02:05	18:00
Bobigny		3:30							06:00	02:05	21:30
Gazole		0:30							10:00	09:30	22:00
Mop									12:00	10:00	24:00

Le camion de l'aller est celui du retour et la remorque celle de l'avant-veille

### II.2.3 Organisation du « Milk run » - Principe du fonctionnement

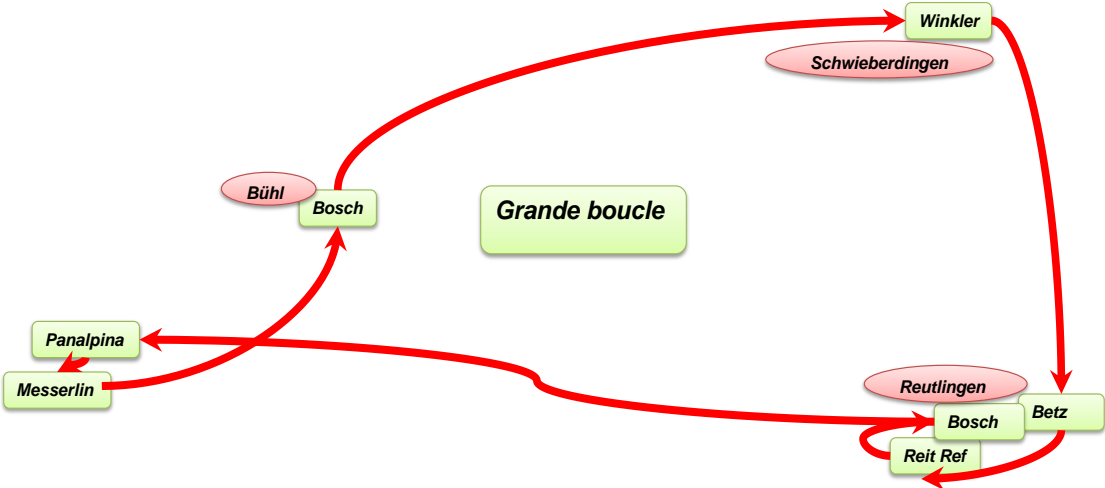
La prestation « Milk run » correspond à l'organisation dans des lieux différents de 2 fois 2 boucles d'opérations de transport aux mêmes horaires, en France mais également en Allemagne. Elle repose sur un ensemble de rotations simultanées en France et en Allemagne avec un point de jonction à Nancy. Le « Milk run » est organisé et réalisé en Allemagne par le sous-traitant de DESHAYES, la Société des Transports MESSERLIN. Cette entreprise est basée à STRASBOURG.



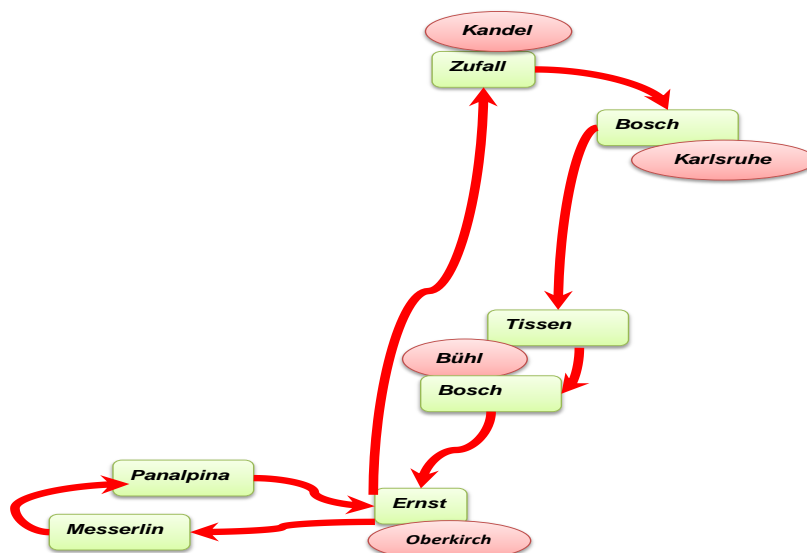
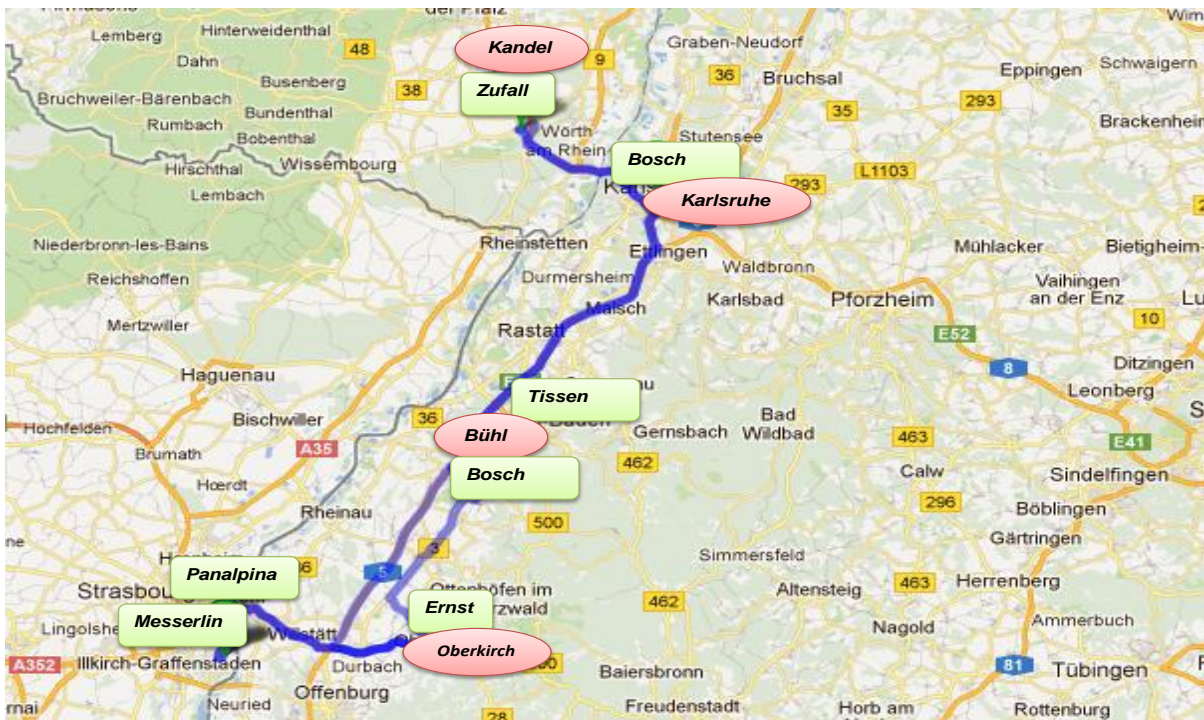


Le service de distribution s'effectue à partir des deux boucles suivantes :

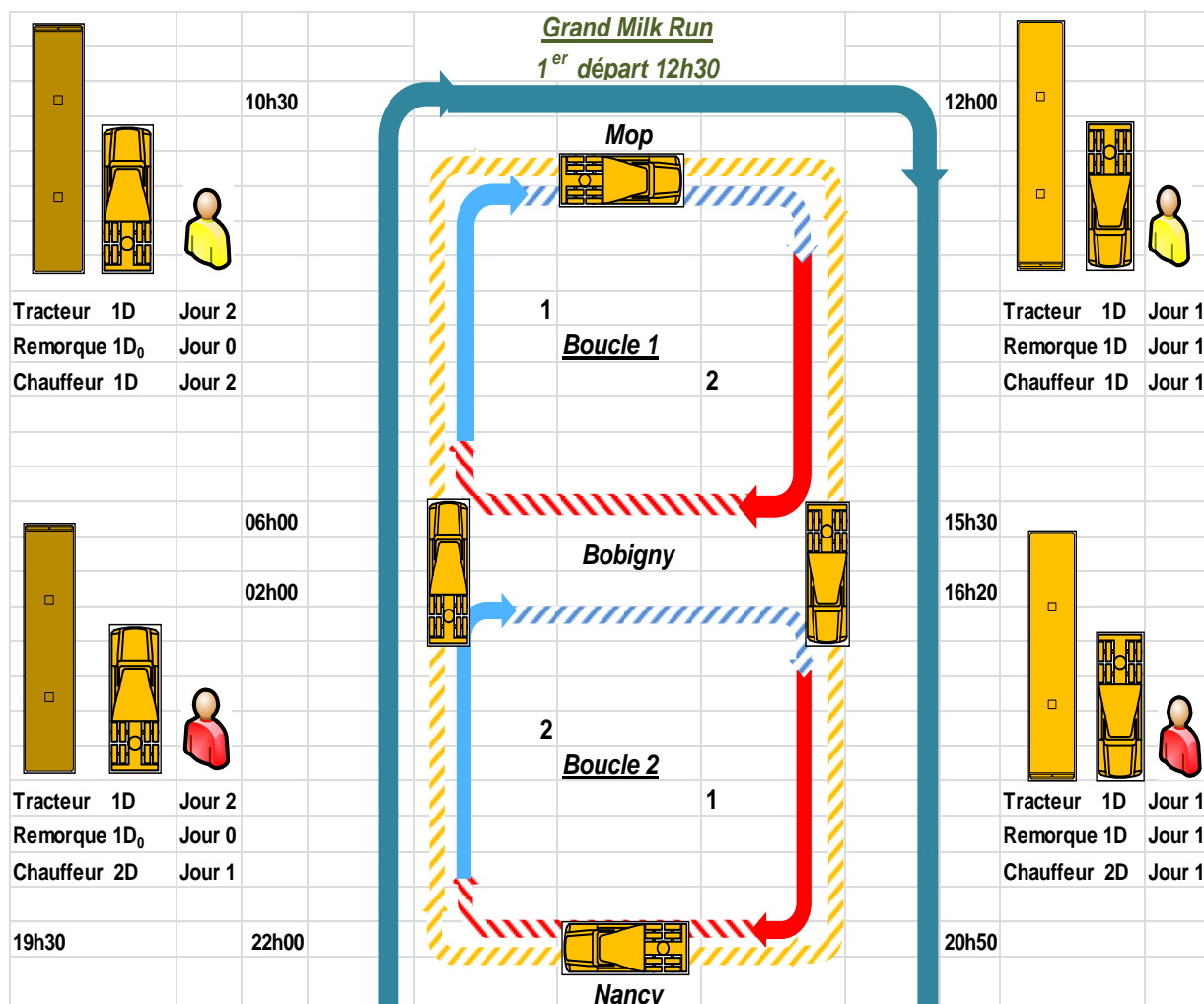
- La boucle dite « **Grande boucle** » desservant STUTT GART et ses environs.



- o La boucle dite « **Petite boucle** » desservant KARLSRUHE et ses environs.



- Synthèse du fonctionnement opérationnel des 2 boucles de transport



#### ***II.2.4 Principales contraintes de fonctionnement des entreprises de transport : DESHAYES et son partenaire MESSERLIN et incidence sur le cahier des charges***

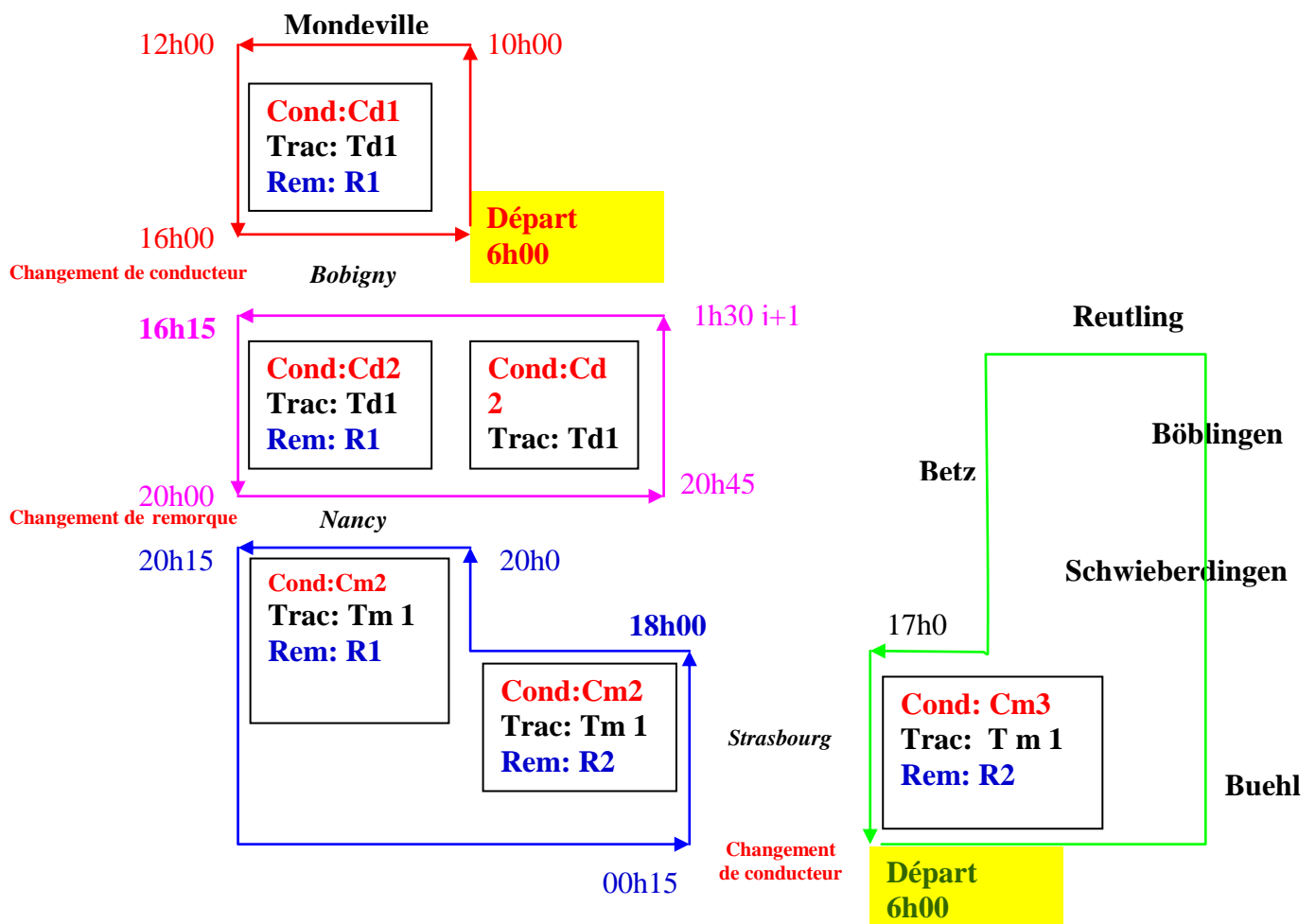
Les transports Deshayes sont soumis à un certain nombre de contraintes de fonctionnement.

D'un point de vue réglementaire, ils sont soumis à la réglementation des temps de conduite qui limite la durée de conduite en continu et quotidienne à 4h30 et 9h. Comme le principe de fonctionnement du « milk run » exige un taux de service à 100%, il en résulte des **étapes critiques** comme celle de Nancy, située à 4h20 de celle de Bobigny, et la nécessité de pouvoir recourir à un **plan dégradé** en cas d'incident de parcours sous la forme d'un **tracteur de rechange toujours disponible**. La flotte de véhicules est par ailleurs soumise à l'obligation de visites techniques.

Par ailleurs, ils doivent gérer en temps réel un certain nombre d'aléas de la circulation (accidents, bouchons de circulation, intempéries), de carences d'information de la part des points de déchargement et de chargement (réunion syndicale de dernière minute, grèves et manifestations diverses). Ils sont donc contraints à prendre des **marges de sécurité** sur certains trajets et de disposer des outils leurs assurant une réactivité maximale.

Ils mettent à disposition pour le fonctionnement normal **7 conducteurs, 4 tracteurs, 4 remorques** et 2 exploitants auxquels il convient de plus d'ajouter 2 tracteurs de réserve ; ainsi que la disponibilité de chauffeurs supplémentaires pour **la couverture du risque** tel qu'il apparaît comme mentionné ci-dessus

### II.2.5 Organisation du Milk run (suite) – Changement de conducteur et horaires



Source : Transports DESHAYES

## **II – 3 La démarche méthodologique de l'évaluation économique**

L'évaluation économique vise en priorité à établir un bilan économique différentiel en comparant l'exploitation d'un camion gaz « dual fuel » avec celle d'un camion diesel classique.

### **1/ transformation du moteur diesel.**

Ce bilan comprend tout d'abord le coût de l'investissement correspondant à la transformation du moteur diesel en moteur « dual fuel ». Cette transformation comprend deux volets :

1. la transformation diesel – dual fuel,
2. l'opération inverse indispensable pour revendre le tracteur sur le marché de l'occasion dans la mesure où actuellement il n'existe pas de marché de l'occasion pour les tracteurs « dual fuel ».

Cet investissement doit être amorti sur la période qui sépare les deux transformations.

### **2/ coût d'exploitation.**

#### ***1 – carburants***

Il faut comparer les coûts des consommations de carburants d'un véhicule diesel : gazole + ad blue avec ceux des consommations d'un véhicule « dual fuel » : gaz GNV, gazole, ad blue.

Nous distinguerons les facteurs coûts unitaires des carburants, volumes et taux de substitution.

Le taux de substitution du gazole par du GNV est très variable selon les parcours effectués.

Il s'agira, dans la mesure du possible, d'affiner l'analyse en identifiant les types de parcours pour lesquels le « dual fuel » apporte un avantage économique par rapport au diesel classique.

#### ***2 – entretien et maintenance***

Compte-tenu de la présence de circuits à haute pression au niveau de l'alimentation en gaz à partir de réservoirs de gaz comprimés à 200 bars, le coût de la maintenance est susceptible d'être un peu plus élevé pour un véhicule « dual fuel » par rapport à un véhicule diesel classique. Cela doit être confirmé car nous ne disposons pas de données à ce sujet.

#### ***3 – assurances***

On comparera les charges d'assurances du camion gaz avec celles d'un tracteur diesel affecté au milk run Caen – Allemagne.

#### ***4 – autres charges d'exploitation***

L'analyse devra porter sur l'ensemble des autres postes de charges d'exploitation afin d'identifier d'éventuelles variations.

Sur la base de ces informations, il s'agit d'établir un bilan différentiel prospectif sur une durée de cinq ans tenant compte de l'amortissement des investissements liés à la transformation du moteur diesel et des coûts d'exploitation en tenant compte de plusieurs hypothèses d'évolution des coûts des carburants.

L'analyse s'efforcera aussi d'identifier les marges de progrès possibles concernant notamment les conditions économiques d'avitaillement en carburant GNV.

## **II-4 La démarche méthodologique de l'évaluation environnementale**

Il s'agit de mesurer l'impact environnemental du dispositif « dual fuel » et de le comparer à celui du dispositif classique diesel.

Pour cela, des mesures embarquées d'émissions de polluants sont réalisées par le CRMT dans le cadre d'une convention spécifique associant le CRMT, GRDF, LUXFER et le DRI sur un même camion Mercedes Actros 440 CV diesel en version diesel et en version dual fuel.

La méthodologie de mesures, dite « DEC », a été développée en collaboration avec l'ADEME. Elle permet de mesurer en continu les émissions de Co, HC, Co<sub>2</sub>, Nox et de particules.

L'exploitation de ces mesures fournit les cartographies d'émissions en grammes par seconde sur des parcours quelconques ou en grammes par kilomètre sur un parcours donné.

Ces mesures permettent de calculer les émissions dans des conditions réelles de fonctionnement avec un niveau de précision comparable à ceux résultant de travaux réalisés au banc d'essai, et à mesurer en temps réel les émissions en sortie de pot d'échappement.

Pour un parcours ou un type d'utilisation quelconque, les essais réalisés permettent donc de réaliser des cartographies d'émissions de polluants en fonction du régime et de la charge du moteur.

On peut ensuite sur cette base simuler divers parcours routiers.

Les signaux mesurés sont les suivants :

- émissions de Co<sub>2</sub>, Co, HC, Nox, particules,
- le débit d'échappement,
- régime moteur et position pédale,
- vitesse du véhicule,
- température échappement,
- température amont catalyseur.

La consommation est calculée par bilan carbone.

Cela nécessite de connaître le rapport C/H du carburant. En configuration diesel, le rapport C/H sera le rapport standard du diesel.

Par contre, pour le dual fuel, il est nécessaire de connaître le taux de substitution gaz / diesel.

Hardstaff s'est engagé à fournir le moyen de mesurer le taux de substitution en fonction du temps.

Lors des essais réalisés à Lyon, le véhicule dual fuel transformé par Hardstaff a été lesté au maximum pour un poids total roulant de 40 tonnes.

Les essais ont été réalisés près de Lyon sur un parcours de 2 x 50 km qui comprennent :

- 10 % de parcours urbains,
- 40 % de parcours sur routes nationales ou départementales,
- 50 % sur autoroute.

Le test avec le moteur diesel a été effectué avec le catalyseur additionnel du moteur « dual fuel ».

Des campagnes complémentaires de mesures ont été effectuées durant la période d'expérimentation sur le milk run afin de tenir compte des difficultés rencontrées.

Des précisions sont apportées à ce sujet dans les chapitres suivants.

## **II-5 La démarche méthodologie de l'évaluation sociale**

L'organisation générale du travail des conducteurs n'est pas sensiblement modifiée par le remplacement d'un camion diesel classique par un camion gaz « dual fuel ».

Dans le cas présent, il s'agit d'un « milk run » à flux tendu avec des délais très stricts à respecter et un encadrement de la durée du travail par la nécessité de respecter scrupuleusement la réglementation sociale des temps de conduite.

L'analyse portera donc sur certains points particuliers :

- l'acceptabilité par les chauffeurs du carburant gaz,
- les conditions d'avitaillement,
- l'ergonomie, etc.

## **III – LE DEROULEMENT DE L'EXPERIMENTATION**

### **III - 1 Introduction**

L'expérimentation proprement dite s'est déroulée du 9 janvier 2012 au 1<sup>er</sup> juin 2012.

Elle a été interrompue de fin mars à fin avril en raison d'une panne technique (en relation avec la boîte de vitesse), tout à fait indépendante de la technologie « dual fuel », mais qui a nécessité le retour du véhicule dual fuel dans les ateliers de la société HARDSTAFF en Grande Bretagne.

L'essentiel de l'expérimentation a été réalisé sur la 1<sup>ère</sup> boucle de transport entre Mondeville – Bobigny – Nancy. L'important retard pris par le dépannage réalisé en Grande Bretagne a désorganisé le planning prévu pour réaliser la 2<sup>ème</sup> boucle des opérations de transport.

Le circuit en Allemagne n'a pu finalement être réalisé qu'en fin d'expérimentation pour une seule journée, le 1<sup>er</sup> juin 2012.

Les approvisionnements en carburants gazole et gaz (GNV) ont été une des principales difficultés à organiser et à gérer lors de cette expérimentation.

Il fallait tenir compte à la fois des impératifs découlant des contraintes opérationnelles mais également de la rareté des installations disponibles en matière de stations de compression GNV existantes sur le parcours utilisé disposant de matériels de compression suffisant pour approvisionner le véhicule dual fuel dans des délais raisonnables.

Les stations identifiées répondant à ces impératifs étaient :

- Région de CAEN
  - o Chez VEOLIA PROPLETE
  - o Chez DERICHEBOURG COLLOMBELLES
- Région Parisienne
  - o Chez Marne & Morin/Transdev MEAUX
  - o Chez VEOLIA PROPLETE CARRIERE SOUS POISSY
  - o Chez GN VERT NOISY LE SEC
- Région de NANCY
  - o Chez STAN CONNEX NANCY
- Région de STRASBOURG
  - o Chez CTS STRASBOURG
- Région du Bade Wurtemberg Allemagne
  - o Nombreux sites utilisables

Avant le démarrage de l'expérimentation, du 28 novembre 2011 au 9 décembre 2012, une campagne préalable de mesures d'émissions de polluants a été réalisée par le CRMT de Dardilly afin de permettre la préparation de cartographies qui étaient destinées à permettre l'interprétation des mesures d'émissions faites pendant les périodes retenues pour opérer les mesures d'émissions au cours des opérations.

Une deuxième campagne de mesures analogue a été réalisée durant l'été 2012 afin de recalibrer les cartographies de mesures des émissions de polluants ; celles-ci s'avérant ne plus correspondre à celles faites en décembre 2011, en raison de changement de réglages moteur opérés par HARDSTAFF lors du dépannage dans ses ateliers en avril 2012.



### **III - 2 Conditions de réalisation**

Compte tenu de l'inexistence en France actuellement de site disposant simultanément des possibilités d'approvisionnement des deux types de carburant (gazole et gaz GNV), l'opérateur de transport TRANSPORTS DESHAYES (TD) n'a pas souhaité changer de fournisseur pour son approvisionnement en gazole pendant l'expérimentation et a continué à assurer ses approvisionnements chez son fournisseur habituel (Réseau AS 24).

Concernant l'approvisionnement GNV et afin de réduire, voire d'éliminer les pertes de temps dans les opérations, il avait été envisagé dans un premier temps d'installer une station GNV provisoire :

- soit à MONDEVILLE, chez BOSCH de façon à réaliser les pleins en temps masqué pendant les opérations de chargement/prise en charge de la remorque contenant les produits à livrer,

- soit à BOBIGNY, dans le dépôt/relais de Transports Deshayes en région parisienne où s'opèrent les changements de chauffeurs.

Cette option n'a pas été retenue pour des raisons de coûts et de délais de réalisation.

L'option retenue a été de réaliser pour la 1ère boucle de transport, les opérations de pleins GNV chez GN VERT à NOISY LE SEC. Bien que déjà très chargée, la localisation de cette station située à proximité immédiate de BOBIGNY a permis de réaliser en deux opérations de pleins par jour le circuit complet. Premier plein NOISY- MONDEVILLE le matin tôt (05 h 30) et retour vers 15 h 00) pour un deuxième plein assurant le trajet NOISY – NANCY et retour.

Pour la 2ème boucle, l'utilisation de la station de NANCY posant des problèmes d'accès à Transports Deshayes, les pleins avaient été prévus chez CTS STRASBOURG. Bien que des problèmes d'accès existent dans la station désignée par l'autorité en charge de CTS (hauteur du auvent de station pas assez élevée), une solution de secours avait été préparée et devait permettre l'utilisation de stations en Allemagne. Toutefois, cette organisation devait nécessiter un repérage préalable par l'organisateur des tournées de distribution du Milk run, afin de faciliter le travail du chauffeur et d'éviter toute perte de temps.

Malgré des temps d'attente plus ou moins longs pour l'opération de plein de 15 h 00 à NOISY le Sec où la station est très chargée ; ce qui entraîne une file d'attente des bennes à ordures en fin de service, le service a été réalisé et les chauffeurs ont réussi à respecter les horaires de leur service sans altérer la qualité de la prestation assurée pour le compte de BOSCH.

### **III - 3 Bilan des approvisionnements en carburants**

L'organisation de la réalisation des pleins à la station GN VERT de NOISY LE SEC avait été prévue de façon à éviter toute perte de temps :

- Avant l'arrivée des bennes à ordures parisiennes le matin à 06 h 00 pour le 1<sup>er</sup> service de voirie et à 15 h 00 avant l'arrivée des bennes pour l'ouverture du 2ème service de voirie.

Malgré ces dispositions, l'importance de la file d'attente des véhicules en attente à la station a existé pendant pratiquement la durée de toute l'expérimentation ; ce qui semble indiquer que le service de voirie accuse un retard régulier ou qu'il existe une insuffisance de puissance de la station.

Concernant la réalisation des pleins de gazole, aucun commentaire particulier n'est à signaler, si ce n'est que la deuxième prise de carburant représente une perte de temps pour le transporteur.

L'enseignement à retirer pour le développement de la technologie dual fuel ou de façon à assurer plus largement l'utilisation de véhicules motorisés gaz, est de disposer de stations multi carburants, et de rapidement compléter l'installation dans les stations service existantes de branchements au réseau de transport de gaz GNV pour permettre la mise en place de stations de compression destinées au véhicules dual fuel et GNV.

Pour ces stations, il est recommandé de prévoir des compresseurs de taille suffisante pour assurer le service dans des temps comparables à ceux pratiqués pour le service des carburants pétroliers. La disponibilité de stockage dit de gaz à haute pression permettant de disposer de réserves de GNV immédiatement disponibles pour assurer le service de distribution, permet de garantir cette qualité de service.

Cela pourrait rendre la solution gaz plus attractive pour les sociétés de transport.

## **IV – L’EVALUATION ECONOMIQUE**

### **IV – 1 Evaluation du coût des carburants**

Il s’agit ici d’établir un bilan différentiel du coût des carburants entre l’usage sur le même parcours d’un camion diesel classique et du camion gaz dual fuel.

#### ***IV – 1 – 1 Unités de mesures***

Il convient d’établir des correspondances entre les différentes unités de mesures utilisées.

Pour le gaz GNV, les factures sont établies en kg.

En volume, on mesure le gaz en normo m<sup>3</sup> ou Nm<sup>3</sup>. Cela correspond à 1 m<sup>3</sup> de gaz aux conditions normales de température et de pression ; c’est-à-dire pour une température de 0° C et une pression absolue de 1.013 bar.

1 normo m<sup>3</sup> = 0.78 kg  
donc 1 kg = 1.282 Nm<sup>3</sup>

Selon l’AFGNV, on peut établir une correspondance entre le gaz et le gazole sur la base de 1 litre de gazole = 1,2 Nm<sup>3</sup> de gaz.

Ainsi 1 litre de gazole = 0.936 kg de gaz.

On peut aussi convertir les volumes de gaz en Kwh par l’application d’un coefficient exprimant le pouvoir calorifique du gaz qui varie de 10.7 à 12.8 Kwh/m<sup>3</sup>.

#### ***IV – 1 – 2 Prix unitaire des carburants***

Le prix du gaz facturé par GNVert aux Transports Deshayes a été de 1.01 € HT/kg durant toute la période d’expérimentation.

L’article 4 du contrat GNVert / Transports Deshayes prévoyait un prix HT de 1.05 €/kg, soit 1.26 €/km TTC.

La facture GNVert portant sur les consommations du 9 janvier 2012 au 21 mars 2012 correspondant à des avitaillements réalisés à Noisy le Sec correspond à un prix HT de 1.01 € / kg, soit 1.21 € kg / TTC. Il en est de même pour la facture portant sur la période allant du 30/04/2012 au 31/05/2012.

Le **prix du gazole**, selon l’officiel des Transporteurs du 25 mai 2012 s’élevait à :

- 1.1643 €/l HT à la pompe, soit 1.39 €/l TTC,
- 1.1291 €/l HT en citerne, soit 1.35 €/l TTC.

Selon les relevés de consommations transmis par la société des Transports Deshayes, le **prix HT du gazole** varie durant la période de l'expérimentation de 1.094 € HT/l à 1.21 € HT/l.

Selon les relevés de consommations des Transports Deshayes, le **prix de l'ad blue** est de 0.32 € HT / l.

Il varie très peu durant la période de l'expérimentation entre 0.315 €/l et 0.32 € HT/l. Cela représente une facture globale de 1 137 € durant la période d'expérimentation.

#### ***IV – 1 – 3 Situation de référence***

Pour un ensemble articulé tel que celui qui est exploité sur le milk run Caen – Allemagne, on peut estimer la consommation de gazole moyenne à environ 32 l/100 km.

Si l'on prend comme référence durant toute la période d'expérimentation 1.167 €/litre de gazole, cela correspond à un coût moyen de 37.35 € HT/100 km.

#### ***IV – 1 – 4 Camion gaz dual fuel***

Les taux de substitution gazole – gaz varient sensiblement selon les types de parcours : urbain, route nationale ou autoroute.

Les analyses du CRMT permettent d'estimer les consommations et les taux de substitution par type de parcours et par sens : Caen → Allemagne et Allemagne → Caen.

Nous avons par ailleurs exploité les données résultant des relevés de consommations transmis par M.Virlouvet.

Au départ de Mondeville, le 09/01/2012, le kilométrage était de 145 473 km. Le premier parcours Mondeville – Noisy a été effectué exclusivement avec du gazole ; le premier avitaillement gaz intervenant à Noisy le Sec au kilomètre 145 727.

Le dernier avitaillement gaz avant l'interruption de l'expérimentation intervenait le 20/03 à Noisy le Sec au kilomètre 192 014. La première phase de l'expérimentation correspond donc à un parcours de 46 541 km.

La consommation moyenne de gaz a donc été de 10,1kg / 100 km, soit 12.95 Nm<sup>3</sup> de gaz/100 km ou encore 10.79 l d'équivalent gazole / 100 km. Sur la même période et le même parcours, la consommation de gazole a été de 8 645 litres, soit 18.58 l/100 km.

Sur la base d'un prix moyen du gazole de 1.145 €/l et de 1.01 €/kg pour le gaz, on aboutit donc aux résultats suivants :

- camion diesel classique : 36.64 € / 100 km
- camion dual fuel :
  - gazole 21.27 € / 100 km
  - gaz 10.20 € / 100 km
  - Total 31.47 € / 100 km

<b>1° phase d'expérimentation 09/01/2012 – 20/03/2012</b>				
	<b>Consommations gazole volume</b>	<b>Prix</b>	<b>Gaz volume</b>	<b>Prix</b>
Situation de référence camion diesel	32 l/100 km	36.64 €	0	0
Camion dual fuel	18.58 l/100 km	21.27 €	10.79 l équivalent gazole /100 km	10.20 € /100 km

La consommation du camion dual fuel est donc au total de 29.37 équivalents litres de gazole, **soit une économie en volume de consommation de 8.2 %.**

**L'économie en valeur (€) est quant à elle de 14.1 %.**

**La deuxième phase d'expérimentation** a redémarré le 3 mai 2012 au kilomètre 194 027. Il y a donc un gap en ce qui concerne l'avitaillement de 2 013 km.

Elle s'est achevée le 1° juin 2012 au km 210 165; ce qui correspond à un parcours de 16 138 km ; selon les relevés d'avitaillement dont nous disposons ; ce qui sous-estime sans doute les distances réellement parcourues durant la fin de la phase 2 de l'expérimentation.

La consommation de gaz durant la deuxième phase est de 1 345.69 kg de gaz GNV. Cela correspond donc à une consommation estimée à 8.34 kg/100 km, soit 10.69 Nm<sup>3</sup> de gaz/100 km ou 8.9 litres d'équivalent gazole. Cela correspond à un niveau sensiblement inférieur à celui observé durant l'ensemble de l'expérimentation (hors interruption) de 9.92 kg/100 km.

La consommation de gaz a donc sensiblement baissé durant la deuxième période.

Dans le même temps, la consommation de gazole, établie sur la base des relevés qui nous ont été communiqués, est de 3 331 litres de gazole soit 20.64 l / 100 km.

Durant cette période, le prix du gazole a été un peu plus élevé que durant la première période d'expérimentation, de l'ordre de 1.19 € HT/litre, à comparer une moyenne de 1.167 €/litre de gazole durant l'ensemble de la période d'expérimentation.

Cela conduit aux résultats suivants durant la deuxième période d'expérimentation :

- camion diesel classique	38.08 € HT/100 km
- camion dual fuel gazole	24.56 € HT/100 km
Gaz GNV	8.42 € HT/100 km

La base d'un prix de 1.01 € / kg  
Prix total dual fuel 32.98 € HT/100 km

L'économie est donc peut être estimée 2.45 équivalent litres de gazole.

La consommation totale du camion dual fuel durant la deuxième période d'expérimentation s'élève donc à 29.54 € équivalent litres de gazole ; ce qui correspond à une **réduction en volume de 7.7 %** de la consommation de carburant en équivalent litre gazole, **soit une économie en valeur de 13.4 %.**

**On observe donc une baisse significative du taux de substitution durant la deuxième phase de l'expérimentation liée à une hausse de 2.06 l/100 km de la**

**consommation de gazole et à une baisse de la consommation gaz de 2.26 Nm<sup>3</sup>/100 km.**

<b>2° phase d'expérimentation 03/05/2012 – 01/06/2012</b>				
	Consommation gazole		Consommation gaz	
	<b>volume</b>	<b>Prix</b>	<b>volume</b>	<b>Prix</b>
Situation de référence camion diesel	32 l/100 km	38.08 €	0	0
Camion dual fuel	20.64 l/100 km	24.56 €	8.9 l /100 km	8.42 € / 100 km

#### ***IV – 1 – 5 Bilan global du coût des carburants***

Le parcours de 62 679 km lié à l'expérimentation (hors interruption pour dépannage au Royaume Uni) a nécessité :

- une consommation de gazole de 11 976 litres correspondant à un coût total de 13 978.39 €, soit 1.1672 € HT/litre ;
- une consommation de gaz de 6 045.54 kg, soit 6 458.91 équivalent litre de gazole correspondant à un coût total de 6 106 €, soit 1.01 € HT /kg.

La consommation totale du dual fuel est donc de 18 434.91 l équivalent et un coût de 20 084.39 €.

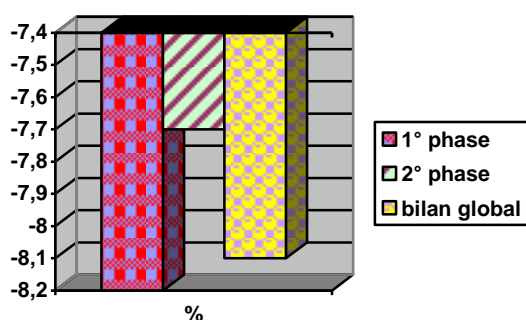
Le même parcours effectué avec un camion gazole diesel classique aurait généré une consommation totale de 20 057.28 litres de gazole, soit un coût de 23 410.86 €.

La différence de consommation est donc de 1 622 litres équivalent gazole, et une différence de coût de 3 326.47 €.

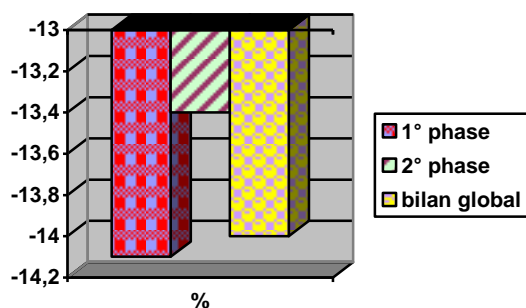
**Cela représente une différence de consommation de 8.1 % et une économie de 14 % ; ce qui est significatif.**

<b>Bilan global expérimentation</b>				
	Consommation gazole		Consommation gaz	
	<b>volume</b>	<b>Prix</b>	<b>volume</b>	<b>Prix</b>
Situation de référence camion diesel	32 l/100 km	37.35 €/100 km	0	0
Camion dual fuel	19.1 l/100 km	22.29 €/100 km	10.3 l /100 km	9.74 € / 100 km

## Bilan en termes de consommations en volume de carburant en litres équivalent gazole



## Bilan global des consommations en valeur en €



La baisse du taux de substitution durant la deuxième phase de l'expérimentation a dégradé le bilan économique global qui demeure cependant très positif malgré un prix du carburant gaz GNV assez élevé.

Ces données doivent être affinées car elles ne reposent que sur les relevés de consommations et de factures transmises par la société des Transports Deshayes.

Nous ne connaissons pas les conditions d'avitaillement lors du déplacement au Royaume Uni.

Nous n'avons pas pris en compte à ce stade les consommations d'ad blue car le transporteur nous dit ne pas avoir enregistré de variations significatives des consommations entre l'exploitation du camion diesel classique et celle du camion dual fuel.

### IV – 2 Coût de la transformation du moteur

La transformation d'un moteur diesel en moteur « dual fuel » permet l'allumage du moteur en mode diesel avec du gazole et la marche du véhicule avec une combinaison de gazole et de gaz GNV.

Le dual fuel est aussi dénommé « OIGI » (« oil injection gas injection »).

Dans le cas présent, la transformation du moteur de l'ACTROS 440 MERCEDES a été effectuée dans les locaux de la société Hardstaff au Royaume Uni avec installation de réservoirs gaz à haute pression (200 bars) produits par LUXFER.

Le coût total de cette transformation est estimé à 30 000 €. La durée d'amortissement prise en compte est de 5 ans, soit 6 000 € par an ou 500 € par mois.

Ce coût peut être comparé au gain sur la facture de carburant durant la durée de l'expérimentation de 3326 €, soit environ 1 000 € par mois.

#### **IV – 3 Les autres postes de dépenses d'exploitation**

En première analyse, on n'observe pas de différences significatives sur les autres postes d'exploitation.

En ce qui concerne les frais de personnel, le seul surcoût correspond au temps nécessaire pour assurer l'avitaillement en gaz.

Dans le cas de stations assurant à la fois la distribution de gazole et de gaz, cette perte de temps serait supprimée à condition que la station de compression GNV soit suffisamment puissante (cf chapitre III).

La présence de bouteilles de gaz sur le véhicule en plus du réservoir gazole représente une charge supplémentaire.

Le poids des bouteilles installées sur le camion gaz est estimé par LUXFER à 210 kg. Il convient d'y ajouter le poids du cadre qui supporte les bouteilles : 120kg. Le surpoids total lié à l'installation de réservoirs de gaz est donc de 330kg ; ce qui est faible par rapport à la charge utile du camion.

Dans le cas de l'exploitation du camion gaz sur la relation Caen – Allemagne, cela n'a pas d'impact significatif pour deux raisons :

1. les transports ne sont pas effectués en pleine charge,
2. le parcours est relativement plat. La charge n'a pas d'impact significatif sur la consommation de carburant comme le souligne le rapport CRMT.

En ce qui concerne les autres postes de dépenses d'exploitation, les indicateurs fournis par le transporteur conduisent à penser qu'il n'y a pas de différences de coûts importantes.



#### **IV – 4 Bilan économique global**

Si l'on tient compte du gain sur le poste carburant et de l'amortissement de la transformation du moteur diesel en moteur dual fuel, **on aboutit dans le cadre de l'expérimentation à un avantage économique net pour le transporteur lié à l'exploitation du camion gaz d'environ 500 € par mois, soit environ 6 000 € par an.**

## V – L’ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE

### V – 1 La campagne de mesures des émissions polluantes de décembre 2011

Le CRMT de Dardilly a effectué du 28 novembre 2011 au 9 décembre 2011 une campagne de mesures sur le camion gaz ACTROS 440 transformé par Hardstaff selon la technologie dual fuel.

Des tests ont été effectués sur un véhicule diesel avec le catalyseur additionnel du dual fuel et en dual fuel.

Le camion gaz a été lesté au maximum pour un poids total roulant en charge de 40 tonnes.

On observera que la charge est en général plus faible sur le milk run entre Caen et l’Allemagne.

Deux roulages ont été effectués sur un parcours de 50 km dans l’ouest lyonnais qui comprend :

- 10 % de ville,
- 40 % de routes nationales
- 50 d’autoroutes.

L’altitude varie le long du parcours entre 180 m et 340 m. Il comprend notamment la côte de Limonest sur la partie autoroutière du parcours.

Le véhicule a été équipé de différents instruments permettant la mesure sur route des principaux polluants.

Les mesures portaient également sur les taux de substitution entre le gazole et le gaz.

Globalement, le temps de fonctionnement en diesel représente 40 % de la durée totale du parcours et 60 % en dual fuel.

Le taux de remplacement du fuel par du gaz varie sensiblement selon les types de route entre 13 % et plus de 60 %.

<b>Par type de route</b>	<b>Taux de substitution</b>
Parcours	43.4
Autoroute	61.1
Nationales	25.6
Ville	13.4

Source : CRMT

On observe sur le parcours dual fuel une **réduction de 11.4 % des émissions de Co2** par rapport au même parcours effectué avec un véhicule diesel classique.

Les relevés de mesure permettent d'établir des cartographies en 3D combinant :

- le régime moteur en tours / mn,
- la pression du collecteur MAP en millibar,
- le débit en grammes par seconde.

Ainsi, une comparaison a pu être effectuée pour les principaux polluants.

<b>g/kwh</b>	<b>Diesel</b>	<b>Dual</b>	<b>Limites Euro</b>	<b>V / dual / diesel</b>
Co	1.23	0.66	4.00	- 46.3 %
HC totaux	0.01	7.77	0.55 (1.65 pour le gaz)	+700 %
Nox	1.65	0.3	2.00	- 43.6 %
particules	0.02	0.01	0.63	- 50 %

Source : CRMT

Les réductions d'émissions polluantes sont très significatives pour l'oxyde de carbone Co, les oxydes d'azotes et les particules.

Par contre, on observe un niveau élevé d'émissions d'hydrocarbures HC nettement supérieur à la norme fixée par la norme EURO V.

## **V – 2 La campagne de mesures sur le milk run**

### ***V – 2 – 1 Le déroulement de la campagne de mesures***

La campagne de mesures a été réalisée par le CRMT de Daidilly après le retour du camion gaz du Royaume Uni. L'enregistreur a été installé sur le camion le 02/05. Mais, le CRMT a du faire face à des difficultés techniques. Le fonctionnement automatique de l'enregistreur était perturbé dès la mise en route du moteur.

Le CRMT est intervenu à plusieurs reprises sans succès entre le 11/05 et le 16/05.

Un agent du CRMT a accompagné les chauffeurs les 21 et 22/05 afin de relancer le système et d'assurer les enregistrements. Cela a permis d'effectuer une boucle complète Caen – Nancy aller - retour.

Ensuite, à partir du 22/05, le système automatique de mesures a pu être exploité sans intervention humaine.

Cela a permis d'effectuer 11 journées d'enregistrement, dont une en Allemagne le 01/06/2012 sur la petite boucle à partir de Strasbourg = Strasbourg – Bühl – Strasbourg.

Le CRMT a procédé à un découpage des parcours en 10 tronçons en distinguant les parcours aller Caen – Allemagne du parcours retour Allemagne – Caen.  
9 tronçons sont situés en France.

Le dixième tronçon correspond à la boucle Strasbourg – Bühl – Strasbourg en Allemagne.

Tronçon	Description du tronçon	Type de route	Aller/retour
0	Porte à porte ZI Caen		
1	Caen Paris (entrée périphérique)	Autoroute	Aller
2	Entrée périphérique Paris – Noisy le Sec	Ville	Aller
3	Noisy le Sec – Nancy	Nationale	Aller
4	Nancy – Noisy le Sec	Nationale	Retour
5	Noisy le Sec – Sortie périphérique	Ville	Retour
6	Sortie périphérique – autoroute Evreux	Autoroute	Retour
7	Evreux – Caen par nationale	Nationale	Retour
8	Nancy – Strasbourg	Nationale	
9	Strasbourg – Bühl – Strasbourg	Route nationale	Milk run Allemagne

Le parcours en Allemagne n'a pas été effectué sur autoroute. Aucun avitaillement de carburant n'a été effectué en Allemagne. Nous ne disposons que de données partielles à ce sujet.

## ***V – 2 – 2 Analyse des résultats de la campagne de mesures***

### **Mesures du Co2**

Dans un premier temps, des recoupements ont été effectués sur les données relatives aux émissions de Co2.

La confrontation entre les résultats de la campagne de mesures de mai 2012 avec les essais réalisés à Dardilly conduit à un résultat positif, puisque le résultat issu des mesures réelles : 176.478 kg est très proche du résultat simulé à partir des cartographies des essais de décembre : 176.755 kg.

Cela permet de conclure à l'existence d'une **réduction significative, d'environ 12,5 % des émissions de Co2** avec l'utilisation du camion gaz équipé de la technologie dual fuel.

Ce résultat constitue, à ce stade de l'analyse, un acquis très important de l'expérimentation menée dans le cadre du PREDIT 4.

### **Mesures des autres polluants / taux de substitution**

Par contre, pour les autres éléments de l'évaluation environnementale, les travaux menés par le CRMT conduisent à un constat que nous avons déjà fait à partir des analyses des consommations de carburants : le camion gaz exploité durant la deuxième phase d'expérimentation depuis début mai jusqu'au 1<sup>er</sup> juin 2012 n'a pas les mêmes caractéristiques au niveau de sa motorisation que celui exploité du 9 janvier 2012 à la fin mars 2012.

Le passage par les ateliers d'Hardstaff à Nottingham courant avril 2012 a vraisemblablement conduit à des modifications significatives des performances du camion gaz dual fuel dont nous ne connaissons pas le détail.

Les mesures effectuées par le CRMT en mai 2012 confirme cette observation de toute évidence ; ce qui complique l'évaluation environnementale et rend indispensable une deuxième campagne de

mesures à Dardilly pour établir une deuxième cartographie des émissions polluantes sur la base de la réalité de ce qui constitue un nouveau véhicule camion gaz dual fuel suite aux transformations effectuées sur le moteur en avril 2012.

Les analyses menées par le CRMT mettent en évidence une évolution très importante des taux de substitution.

Ces taux de substitution ont nettement diminué entre décembre 2011 et mai 2012 ; ce qui signifie que le moteur n'est pas géré de la même façon.

Selon le CRMT, le taux de substitution moyen passe de 47 % en mars à 33 % en mai 2012.

On note une corrélation d'ensemble entre le taux de substitution et la vitesse moyenne du véhicule.

## **VI – L’EVALUATION SOCIALE ET ERGONOMIQUE**

Cette évaluation est d’ordre qualitatif et repose d’abord sur les témoignages des chauffeurs et du transporteur.

L’expérimentation du camion gaz s’inscrit dans la continuité du projet OSCIA mené dans le cadre du PREDIT.

Une organisation logistique assez complexe à flux tendus dite « milk run » a été mise en place pour assurer des relations régulières de transport entre Caen et l’Allemagne pour l’usine BOSCH Electronics de Caen Mondeville.

Il s’agit d’assurer des relations fiables en flux tendus pour alimenter des usines automobiles implantées en Allemagne tout en respectant la réglementation sociale des temps de conduite.

Cela requiert des conducteurs expérimentés.

Malgré certains incidents techniques non liés à la technologie du gaz, l’expérimentation sur ces relations du camion gaz s’est déroulée globalement dans de bonnes conditions.

Les conducteurs concernés ont bénéficié avant le début de l’expérimentation durant la première semaine de janvier 2012 d’une formation pour les familiariser avec les spécificités du camion gaz.

Les chauffeurs rencontrés lors de la journée de présentation du 17 mars 2012 dans les locaux de l’usine BOSCH de Caen Mondeville se déclarent très satisfaits de l’expérimentation du camion gaz.

Ils se sont très vite adaptés au camion gaz.

Les conditions de la conduite et plus généralement de travail n’ont pas été sensiblement modifiées.

Seul l’avitaillement gaz à Noisy le Sec a parfois posé quelques soucis en raison des files d’attente à certaines heures.

Mais, la proximité de la station de compression GNV de Noisy le Sec par rapport à l’entrepôt de Bobigny a facilité les choses.

Le transporteur pour sa part avait manifesté une certaine inquiétude avant le début de l’expérimentation du fait des contraintes de l’organisation logistique et des risques liés à la réglementation des temps de conduite. Il exprime maintenant sa satisfaction et la fierté d’une PME de participer activement à la réalisation d’un projet de recherche ambitieux.

## VII – LE BILAN DU PROJET

Malgré la multiplicité des difficultés rencontrées pour sa préparation et lors de sa réalisation, le projet d'expérimentation du camion gaz dual fuel présente **un bilan globalement positif**.

La fiabilité technique de l'exploitation d'un camion gaz dual fuel dans le cadre d'une organisation logistique à flux tendus a été démontrée.

Aucun incident n'a été directement lié à l'utilisation d'un moteur dual fuel.

Sur le plan économique, le bilan est aussi positif car l'exploitation d'un camion gaz gros porteur dual fuel comparée à celle d'un camion diesel classique se traduit par une économie annuelle sur le poste carburants de 1000 € par mois soit environ 12 000 € par an.

Cela correspond à une économie significative de 8 % en volume sur le poste carburant et de 14 % en valeur sur ce même poste malgré un prix relativement élevé du prix du carburant gaz GNV. Il paraît possible d'atteindre une économie de l'ordre de 20 % sur le poste carburant avec l'utilisation de stations de compressions mutualisées.

Sur le plan social, l'acceptabilité de la technologie « dual fuel » par les chauffeurs routiers a été démontrée.

Sur le plan environnemental, le bilan est plus contrasté.

Il y a plusieurs résultats positifs :

1. on observe une réduction de **11,4 %** des émissions de Co<sub>2</sub>, sur le parcours de l'ouest lyonnais lors de la campagne de mesures de décembre 2011. Ce résultat positif a été confirmé lors de la campagne de mesures effectuée par le CRMT sur le milk run en mai 2012.
2. la réduction des émissions d'oxyde de carbone, d'oxyde d'azote et des particules est très importante, supérieure à 40 % en moyenne.

On notera notamment un résultat très encourageant en matière d'émissions de particules. Le moteur dual fuel n'émet que 0.01 g/kwh de particules alors que le seuil fixé par la norme EURO V est de 0.63 g / kwh.

Par contre, on note un résultat peu satisfaisant au niveau des émissions d'hydrocarbures HC. Le niveau des émissions mesurées lors de la campagne de décembre 2011 est de 7.7 g / kwh.

Des améliorations sont possibles sur le plan technique. Cela devrait conduire à renforcer l'effort de recherche dans ce domaine.

Le bilan de l'expérimentation est donc globalement bon.

Les engagements contenus dans l'offre soumise à PREDIT GO4 en réponse à l'appel à projet de Novembre 2010, acceptée en Mai 2011, labellisé par le pôle de compétitivité NOV@LOG, dont les objectifs et l'organisation du fonctionnement du projet ont été précisés dans le cahier des charges signé par le Consortium d'entreprises participantes au projet, ont été couverts et réalisés dans de bonnes conditions.

Du 09 Janvier au 01<sup>er</sup> Juin 2012 la démonstration a été faite qu'un véhicule grand routier transformé en mode « dual fuel » pouvait réaliser les missions de transport en longue distance dans les mêmes conditions qu'un véhicule diesel classique. En particulier, la robustesse et la fiabilité de la motorisation n'a pas été altérée, les quelques petits incidents qui ont été enregistrés pendant les 5 mois du fonctionnement de l'expérimentation étaient liés à des causes sans relation avec la technologie moteur. Ce constat permet d'affirmer qu'il est maintenant possible d'imaginer la réalisation du transport routier de marchandises à partir des motorisations diesel existantes, sans que celles-ci fonctionnent exclusivement avec des produits pétroliers, mais avec un panachage gazole/gaz, dont la substitution de gazole par du gaz devrait progressivement atteindre à terme un maximum de 90 % de gaz

Le très bon accueil des chauffeurs du véhicule à la solution dual fuel qui permet de disposer d'une grande souplesse dans la conduite de véhicule dual fuel, ainsi que les bons résultats enregistrés concernant les bénéfices économiques et environnementaux détaillés dans les paragraphes précédents de ce rapport, résumant parfaitement l'excellent résultat obtenu.

Concernant l'aspect économique avec une réduction de coût de l'ordre de 14 % sur le poste de carburants, la démonstration est faite que, malgré les conditions peu favorables obtenues sur le coût de l'énergie gaz GNV que nous avons obtenues pour le fonctionnement de l'expérimentation, la différence obtenue de coût entre le gazole et le gaz renforce et crédibilise l'offre dual fuel, et plus largement l'utilisation du carburant gaz en substitution aux produits pétroliers.

La rareté actuelle des stations publiques de compression disponibles sur le territoire français était un des handicaps majeurs à surmonter pour assurer un bon fonctionnement des opérations pendant l'expérimentation et permettre à l'entreprise de transport de respecter ses engagements de délais de réalisation dans le cadre des flux tendus, de juste à temps qui sont les bases de sa mission.

Ce constat permet d'affirmer que ce résultat peut être à nouveau amélioré pour plusieurs raisons :

- a) une amélioration du réglage moteur visant à permettre une amélioration du taux de substitution du gazole par le gaz devrait être recherchée pour les prochains développements du dual fuel. Cela devrait permettre de réduire à nouveau le coût du poste carburant et les niveaux d'émissions.
- b) une recherche d'optimisation supplémentaire des coûts est aisément accessible à toute entreprise ou groupement d'entreprises, qui pourrait (ent) ensemble disposer d'un nombre significatif de véhicules gaz et dual fuel, et permettre de bénéficier à la fois de prix réduits d'achat du gaz lié à l'effet volume d'acquisition, consenti dans ces conditions par les fournisseurs d'énergies, mais également, exploiter en commun une station privative de compression/ distribution de GNV dont il pourrait assurer ensemble l'investissement et la maintenance, dans le cadre d'une organisation en groupement d'entreprises.



Ces conditions permettraient de pratiquement doubler la réduction de coût enregistré dans la présente expérimentation et positionnerait le coût de l'exploitation dual fuel et de l'utilisation du GNV en substitution aux produits pétroliers, à un niveau égal à celui connu dans les pays voisins.

## CONCLUSION

L'expérience acquise par le projet camion gaz au cours du premier semestre 2012, devrait pouvoir permettre de lever les freins existants en France à l'utilisation de véhicules ou d'autres moyens de transport utilisant le carburant gaz.

La technologie dual fuel permet d'utiliser l'énergie gaz sur les véhicules grands routiers existants actuellement chez les transporteurs et industriels, sans investissements importants, et mettre fin progressivement à la seule solution technique à leur disposition jusqu'à présent pour réaliser les transports : le tout pétrole.

Alors que les coûts des produits pétroliers continueront inexorablement à progresser, la technologie dual fuel permet de passer en douceur, sans investissement lourd à l'utilisation du carburant gaz, qui par la même occasion permettra aux utilisateurs de ces véhicules lourds d'absorber techniquement et économiquement les nouvelles contraintes fiscales que ne manqueront pas de décider les autorités de notre pays, afin de respecter les engagements environnementaux.

La solution du véhicule électrique se prête parfaitement à une utilisation des petits véhicules dans un milieu urbain ne nécessitant pas une grande autonomie, alors que le gaz s'adapte à tout type de motorisation et permet des autonomies comparables à celles obtenues par les produits pétroliers.

De plus, le gaz naturel d'origine fossile qui est une énergie jugée abondante à l'heure actuelle voit ses réserves se compléter continuellement par l'apport de nouveaux gisements régulièrement découverts et exploités. Pour le gaz d'origine non fossile, obtenu par la méthanisation, elle permet la production de biogaz, appelé bio méthane après traitement de purification pour être utilisé en tant que carburant pour les transports, cette source est appelée à un développement rapide dans tous les pays, pour des raisons environnementales en évitant l'incinération des déchets, cette source de gaz pourrait se voir booster du fait de l'utilisation des réserves.

La décision d'homologuer la technologie Dual fuel en France est une décision politique qui revient à notre gouvernement. Aujourd'hui l'expérimentation du camion gaz permet d'apporter une preuve de l'intérêt qu'elle présente, il reste à concrétiser et obtenir une décision pour ouvrir la filière.

D'année en année l'annonce de la production de directives européennes sur le sujet a été annoncée dans de nombreuses rencontres/réunions, ainsi que concernant une plus large utilisation du carburant gaz, il faut reconnaître que les progrès au plan européen ne sont pas à la hauteur des attentes, sauf dans les pays où existe une véritable volonté politique dans ce domaine.

Le Consortium d'entreprises partenaire du projet espère voir se mettre en place en France très prochainement une dynamique de ce type.

# **ANNEXES**



**Date : 16 novembre 2009**

**Lieu : DGEC, Arche de la défense, 32N27**

Personnes présentes :

M. Pascal DEVIGNE, DGEC  
M. Matthieu DESINDE, DRIRE

M. Igor CHAUVELOT, DANONE  
M. Antoine PULCINI, DANONE

M. Romain BOUVARD, MERCEDES France  
M. Trevor FLETCHER, HARDSTAFF Group

M. Jacques LEIGNEL, Consultant GNV  
M. Nikolaus KALANTZIS, Luxfer Gas Cylinders  
M. Didier RICHARD, Luxfer Gas Cylinders France

Traduit en Anglais à destination de T.Fletcher, Hardstaff Group.

Objectif de la réunion :

Présentation de la technologie Dual Fuel de Hardstaff dans le cadre d'un projet de RTI pour essais routiers à la demande du groupe DANONE.

Dans le cadre de la politique environnementale de DANONE, et de notamment dans le cadre de l'objectif de réduction de émissions de CO2 de 40%, le Groupe DANONE a présenté différents axes de travail.

Un de ces axes de travail, agissant sur les transports lourds des produits Eaux du groupe, concerne la volonté de DANONE d'expérimenter de la technologie Dual Fuel en France en partenariat avec la DGEC, la DRIRE, L'ADEME, le CRMT, Luxfer Gas Cylinders et Hardstaff Group. Cette technologie a été présentée par Luxfer Gas Cylinders et Hardstaff.

**Compte rendu de réunion - Français**

Cette expérimentation pourra s'effectuer via une RTI (Réception à titre isolée) d'un tracteur routier de type ACTROS ou AXOR de marque MERCEDES.

Afin de procéder à cette RTI, en vue de l'expérimentation, DANONE et ses partenaires devront remettre à la DRIRE, représentée par M. Matthieu DESINDE, les éléments suivants et se conformer aux directives en vigueur concernant les émissions polluantes, le freinage moteur, la compatibilité électromagnétique, les composants et l'installation des composants GNV :

- ✓ Accord de MERCEDES pour l'expérimentation
- ✓ Protocole d'essais des émissions polluantes utilisé
- ✓ Résultats d'essais des émissions polluantes validés par un organisme approuvé (UTAC en France)
- ✓ Document attestant de la compatibilité électromagnétique du contrôleur Hardstaff (Electromagnetic compatibility - EMC)
- ✓ Document attestant que le freinage moteur n'est pas affecté (ou test UTAC sur la directive de freinage)
- ✓ Document attestant de la puissance et du couple moteur
- ✓ Document validant le process d'alimentation en bi-carburant
- ✓ Document validant le niveau sonore (ou test UTAC en France)
- ✓ Document de validation (certification) de l'installation ECE R 110 des composants par un organisme certifié
- ✓ Certificats ECE R 110 des composants
- ✓ Disposer d'un véhicule immatriculé de manière provisoire

L'ensemble de ces éléments sera transmis dès que possible à M. Matthieu DESINDE avec le concours de MERCEDES France dans l'objectif de procéder à l'expérimentation routière d'un tracteur équipé de la technologie Dual Fuel et de valider les résultats d'émissions polluantes.

Le dossier complet sera envoyé à l'adresse suivante :  
Matthieu DESINDE  
DRIRE Ile de France  
Autodrome de Linas  
BP N° 10211  
91311 MONTHLERY CEDEX