

ETUDE

RELATIVE AU

CAMION DU FUTUR

QUELQUES SUGGESTIONS

POUR D'EVENTUELS

PROGRAMMES DE RECHERCHE

LETTRE DE COMMANDE 03 MT 85

Du 24 novembre 2003

MINISTERE DE L'EQUIPEMENT, DES TRANSPORTS et du LOGEMENT
DIRECTION DE LA RECHERCHE ET DES AFFAIRES SCIENTIFIQUES
ET TECHNIQUES

SOMMAIRE

0 – AVANT-PROPOS	1
1 – INTRODUCTION.	2
2 – CAMION DU FUTUR – GRANDS ENJEUX.	7
2.1 - Enjeux sociaux dominants :	7
Transporteurs et routiers, trafic et congestions	
Qualité de vie urbaine et image du camion.	
2.2 - Enjeux environnementaux :	9
2.2.1 – Développement durable, recyclabilité.	9
2.2.2 - Gaz à effet de serre. Dégagements de CO ₂ .	10
2.2.3 - Sécurité – Sûreté. (Personnes et biens).	11
2.2.4 - Emissions nocives. (gazeuses, solides, sonores).	12 à 17
2.3 - Villes et camions urbains.	18
2.4 – Le véhicule industriel lourd.	18 à 20
2.5 - Enjeux économiques :	21
2.5.1 - Avoir l'ambition de très bien faire.	
2.5.2 - Réussir la transformation du produit actuel.	
2.5.3 - Réussir le double enjeu de l'énergie et du CO ² .	
2.5.4 - Harmonisation réglementaire en Europe.	
2.5.5 - Evolution de l'industrie du camion vers les services.	
2.5.6 - Flash – Intermodalité.	
2.5.7 - Usage des NTIC et assistances multiples.	
2. 6 – Enjeux technologiques.	23
2.6.1 – Quelles énergies du futur devons-nous envisager ?	
2.6.2 – Quelles motorisations selon les usages ?	
➤ Motorisations envisageables, thermiques, électriques, hybrides, quelles transmissions possibles, mécaniques, électriques, hydrauliques ?	
➤ Quelle motorisation pour l'entraînement des auxiliaires, moteur de propulsion ou APU ?	
➤ Pourrait-on envisager une récupération d'énergies perdues ?	
2.6.3 - Quels concepts de PL urbain et grand rouleur pourrait satisfaire les enjeux majeurs ?	24

- 2.6.4 - Le bruit.
- 2.6.5 - La sécurité.
- 2.6.6 - Le camion à longueur légèrement augmentée pour son aérodynamisme.
- 2.6.7 - Réflexions complémentaires :

3- CAMION DU FUTUR.	
INVESTIGATIONS SUR DES PROBLEMATIQUES CIBLEES.	25
3.1 - Des réglementations orientées sur le futur.	25
3.2 -Une recherche de techniques attractives par le calcul.	25
3.3 - Pour des concepts novateurs de PL urbains et grands rouleurs.	26
3.3.1 Le camion à moteur électrique alimenté par batteries.	26
3.3.2 Le camion hybride essence ou Diesel urbain.	26
3.3.3 Le camion grand rouleur.	28
333.1 Un aspect global : P, Hybride, Diesel.	28
333.2 La motorisation des 10 à 25 prochaines années.	29
333.3 La transmission et son management avec le moteur.	30
333.4 La commande des auxiliaires par PAC.	32
3.4 - Energies du futur. Filières potentielles et orientations.	32 à 37
a) Essence avec addition d'ETBE, Ethyl Tertio Butyl Ether.	32
b) gazole avec addition d'EMC, Ester Méthylque de Colza.	32
c) gazole de synthèse.	33
d) méthane.	33
e) BTL, Biomass to Liquid.	34
f) transformation des carburants conventionnels.	35
g) DME, Di Méthyl Ether.	35
h) hydrogène et pile à combustible.	36
i) hydrogène carboné.	37
3.5 – Le bruit, moteur, transmission, chaussée, pneumatique.	
PL urbain et PL grand routier.	37
3.6 – NTIC. Informations, guidages,	
automatismes, services, exploitation GSM / Galiléo.	38
3.7 – Points de vue :	
Difficile saisie des efforts engagés, nationaux et européens.	
39	
4 – REFLEXIONS, concepts-CIBLES, amorce de CDC.	40
4.1 - Considération des production et attentes.	40

4.2 - Concepts clés justifiables de plans de recherche.	42
4.2.1. Le camion urbain électrique.	42
4.2.2. Le camion urbain et suburbain hybride de 2,8/4,5 tonnes.	42
4.2.3. Le camion hybride de 10 à 20 tonnes.	43
4.2.4. Le camion Diesel ou Diesel / électrique de milieu de gamme.	43
4.2.5. Le camion grand rouleur de 40 tonnes et son nouveau Diesel économe.	43
4.2.6. Le routier de 60 tonnes.	45
4.2.7. Améliorations complémentaires : bruit, sécurité, efficacité énergétique.	46

5 – CAMION DU FUTUR.

Propositions de fiches de recherche.

PREFICHE. Problème mondial de l'énergie et contexte particulier du pétrole.	49
FICHE N° 1 - Camion urbain électrique.	51
FICHE N° 2 - Camion hybride urbain 2,8 à 4,5 t.	53
FICHE N°3 - Camion hybride urbain de milieu de gamme, Catégorie 9 à 16 / 18 tonnes.	58
FICHE N° 4 - Camion de milieu de gamme, Diesel ou Diesel / électrique.	61
FICHE N° 5 - Camion grand rouleur de 40 à 44 t.	63
FICHE N° 6 - Camion de 60 t.	70
FICHE N° 7 - La réduction du bruit du camion.	73
FICHE N° 8 - L'aérodynamique du camion.	77
FICHE N° 9 - La sécurité.	79
FICHE N° 10 - Calculs et modélisations.	83
RAPPEL. Objectifs succints.	85

AVANT - PROPOS

Quelques pensées.

⇒ "Les technologies du futur ont presque toutes une longue histoire."

P.R Bauquis. L'Hydrocarbure. 228. 01/2004

Hydrogène	1805	Le premier moteur à explosion fonctionnait à l'hydrogène . Isaac de Rivaz. (Suisse)
Charbon	1892	Le premier moteur Diesel fonctionnait au charbon pulvérisé. Brevet de Rudolf Diesel. (Allemand)
Electricité	1899	La première voiture électrique à dépasser les 100 km / h était "la Jamais Contente", de Camille Jenatzy (Français)
Biocarburants	1903	Une voiture fonctionnant à l'éthanol agricole obtient le record mondial de vitesse, à 177 km/h : la "Gobron - Brillié" (Français)

⇒ "Je veux être du côté du progrès qui survit."

Graham Green . La saison des pluies. R.Laffont

⇒ **"Le camion des grandes routes saisi par le progrès."**

Lettre Prédit - N°9 - 12 / 2003

⇒ **"En matière de technique l'innovation finit toujours par triompher."**

Thucydide - Histoire de la guerre du Péloponèse

⇒ **Ne restons pas accrochés au présent, il nous faut saisir le goût de l'avenir, un avenir qui ne s'attend pas mais se prépare.**

⇒ **"Prédire le futur est une tâche ingrate et sans espoir, qui commence dans le ridicule et finit trop souvent dans le mépris."**

Isaac Asimov - Science Digest 1965

1 - INTRODUCTION.

Il est constaté une **réelle croissance du trafic routier de marchandises**, notamment sur certains axes et les études prospectives confirment cette tendance pour les 20 prochaines années.

La route apparaîtra demain moins acceptable socialement qu'elle ne l'est actuellement.

Des recherches de solutions innovantes pour améliorer le contexte du transport routier de marchandises, se démarquant du processus logique de progrès continu, sont à envisager. Ces recherches se situent au cœur d'une période marquée par de multiples innovations technologiques, par des transformations rapides, mais aussi des attentes nouvelles fondamentales quant à l'énergie et à l'effet de serre.

Rappelons le grand programme de recherche lancé aux USA dans ce même contexte, pour le camion du futur, "21 st Century Truck* ", étalé sur une durée de 10 années, sensiblement 2002 / 2012, avec un budget de 300 millions de \$ US par an, 50 % à la charge des industriels, 50 % à la charge du gouvernement (DOE, Dep. Of Energy, notamment). Les objectifs sont attractifs, quelquefois un peu ambitieux, mais globalement de grand bon sens : ils nous semblent pour la plupart accessibles ou presque, au prix de recherches nouvelles, donc de connaissances nouvelles, dont bénéficieront les participants industriels à ce programme, les autres tombant dans la catégorie des suiveurs.

Les objectifs ne se situent pas, sauf exception, à l'échelle d'un pays, ils présentent une réelle dimension internationale.

Notre étude se situe dans ce contexte.

La rude compétition entre les grands entrepreneurs européens et mondiaux conduit à de nouvelles contraintes, une profonde rigueur dans les échanges, sans complaisance, de multiples délocalisations industrielles, de nouvelles communications, de nouvelles sources d'approvisionnement et de diffusion des produits, un rythme nouveau dans les échanges impliquant une planification des grands intervenants dans une chaîne d'acteurs tous motivés pour réduire les coûts du transport, réduire les stocks, réussir une organisation en flux tendus, sans délai de confort. Le transport est maintenant intégré, de notre point de vue, dans les systèmes de production et de vente de presque toutes les entreprises, pour tous les métiers.

Les besoins généraux vous sont bien connus, de déplacements des produits, de délai, de sécurité, de respect des marchandises transportées, de certitude quant aux déplacements prévus, de moindre coût.

Il faut donc maintenant recenser l'ensemble des nouveaux enjeux essentiels, puis tenter de mettre en relief les orientations susceptibles d'aider aux meilleurs choix constructifs.

Une ambition sociétale et une envergure technique qui implique une action de recherche.

** 21st Century Truck = 5 laboratoires de recherche : Sandia, Argonne, Lawrence Livermore, Los Alamos, Oak Ridge , 10 industriels :Caterpillar, Cummins, DaimlerChrysler, Detroit Diesel, Ford Motor, General Electric, General Motors, International, John Deere, Volvo-Mack Trucks, et le DOE.*

2 – CAMION DU FUTUR - GRANDS ENJEUX.

Ils concernent le moyen et le long terme.

Nous avons envisagé 5 pôles : enjeux **sociaux** dominants, enjeux **environnementaux**, enjeux spécifiques **villes et camions urbains**, enjeux couvrant les **camions lourds**, enjeux **économiques**, enjeux **technologiques**.

2.1 – ENJEUX SOCIAUX DOMINANTS.

Toute la population est vraisemblablement sensibilisée sur le **trafic des poids lourds**, non seulement sur la base des corridors très chargés, des nœuds locaux de passage (9.000 camions /jour à Biriadou*), mais également sur l'ensemble de la trame routière, incluant un grand nombre de villes ou villages.

Ces véhicules lourds et très nombreux induisent dans leur sillage une image de réserve, de critique, d'inquiétude.

Il serait, ce camion, presque une démesure, aux côtés de la "petite" automobile. Il est en outre ressenti comme bruyant, dégageant une mauvaise odeur,

responsable de fumées** ou d'émissions de particules, responsable d'encombrements manifestes, de congestions.

L'accroissement du trafic d'année en année est toujours confirmé, et le développement de l'Europe, avec les très larges délocalisations qui se sont engagées continuera à soutenir la croissance des échanges internationaux. Sans évolution notable, la situation en congestion devrait s'aggraver.

Le camion apporte aussi sa contribution au contexte douloureux de **l'accidentologie** liée au transport routier, incluant une vulnérabilité au feu, socialement inacceptée.

A ces éléments s'ajoutent des problèmes de **compatibilité**, essentiellement dans le domaine de la sécurité entre camions et automobiles, problèmes non encore résolus.

Le conducteur grand routier, en cabine à son poste de travail, se doit de remplir sa mission de livraison dans le délai imparti, dans un esprit de qualité totale, contribuer à apporter assistance lors des manœuvres de chargement/déchargement, préserver son outil, le camion, les marchandises transportées, respecter les règles du transport de l'entreprise ainsi que les règles nationales et internationales des pays traversés.

Cet homme mesure sans doute l'absence d'harmonisation des règles européennes relatives à son métier. Il a aussi un métier difficile, nous semble-t-il, par le bruit qu'il supporte dans sa cabine, comme par la largeur du couloir qu'il doit ou devrait respecter, à longueur de journée.

** Predit G 06 – Technologies pour les transports de marchés- CR réunion du 2.03.04.*

*** Il serait juste de préciser que la réglementation relative aux émissions nocives pour les camions n'a pas suivi les exigences demandées pour l'automobile.*

Quels éléments pourraient contribuer à atténuer les constats critiques et mauvaises images ?

Un réel respect humain, une amélioration du confort, une assistance dans la conduite, une formation, une même règle européenne de travail pour la profession. Bien, tout peut suffire, l'image sociale du produit doit s'améliorer beaucoup. Les émissions de gaz, particules, oxydes d'azote devraient pouvoir s'oublier, mais de telles orientations ne sont pas encore suffisantes

Dans le domaine de l'accidentologie les informations routières sont affligeantes presque chaque jour avec une implication de camions ou cars. Ne serait-il pas possible d'envisager quelques mesures à court ou moyen terme, règles et contrôles spécifiques à l'attention du camion du futur ?

Le nombre de camions pourrait-il être atténué par des orientations nouvelles ?

Cet aspect est probablement un réel enjeu de société. Un enjeu lourd, probablement aussi attendu que difficile à bien concevoir, pour et par le camion lui-même avec un gain potentiel modeste, mais aussi par toute autre combinaison ou intermodalité comme un ferroutage rationnel, parfaitement adapté, fruit d'engagements financiers lourds seulement envisageables dans le cadre d'une volonté européenne partagée. Un tel ferroutage rationnel, dynamique, discret et économique nous semble attendu d'une grande part de la population. Une intermodalité rationnelle camions – moyens urbains et péri-urbains propres, rapides, sûrs, pourrait aussi contribuer à un redressement de l'image, simultanément au développement de services respectueux des populations.

Une attention spécifique est en outre à apporter au **camion urbain**.

Il est probablement justifiable de conduire des efforts orientés sur ce produit pour le bien général. Il faut vraisemblablement envisager des concepts de camions adaptés aux missions à remplir, et en particulier **pour des services urbains transformés, sans pollution, se déplaçant sans plus de bruit qu'une voiture classique, voire d'une voiture hybride Prius 2, qui est un bijou technologique, dernière création hybride de Toyota, de 2003.**

Ces quelques lignes traduisent un enjeu essentiel.

Sans transformation volontaire et avec la croissance continue du trafic, des réactions humaines locales restent possibles, pouvant s'étendre au niveau régional ou national.

Ne doit - on pas y voir une grande fragilité nationale par la dimension stratégique du transport routier dans l'économie française ?

Les évolutions sont évidemment à situer dans le cadre des transformations d'ensemble à imaginer dans la conception du camion du futur, et il nous semble que - dans cette attente - quelques dispositions de court terme pourraient contribuer provisoirement au redressement de l'image du transport de marchandises.

Les points essentiels dans ce domaine des enjeux sociaux nous semblent être les suivants :

L'image du camion.

L'accidentologie.

Le **bruit**, notamment pour les usages urbains.

Les **émissions nocives**.

Le **nombre** de camions.

Les **conditions du travail du conducteur**.

L'harmonisation des règles du transport routier en Europe.

De futures conceptions différenciées en fonction des usages.

2.2 – ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX.

Nous avons retenu les aspects suivants : Développement durable avec la recyclabilité, gaz à effet de serre, sécurité, sûreté, émissions nocives.

2.2.1 – Développement durable : la recyclabilité.

Le développement du transport routier a autorisé une explosion des activités humaines. La route a constitué un vecteur de désenclavement tant économique que social de tous les territoires. Comment satisfaire au mieux les exigences qu'impose le développement durable de ce mode de transport : La qualité industrielle des usines, la recyclabilité des composants en fin de vie, l'acceptabilité de l'outil camion dans la vie sociale, c'est dire répondant à toutes les attentes majeures connues : sécurité, bruit, odeurs, fumées visibles, particules, mais aussi les problèmes de densité du trafic et de congestion.

Le camion du futur devra s'attacher à ne retenir que des matériaux convenables, tant vis-à-vis de la santé dans leur cycle de production et transformation que dans le cadre de leur recyclabilité, qui pourrait viser un objectif proche de 100 %.

Les nouvelles technologies, pouvant être dangereuses ne doivent pouvoir s'engager qu'après une analyse relative à la sagesse des dispositions envisagées, en sécurité, en sûreté, en recyclabilité.

2.2.2 – Gaz à effet de serre. (GES).

L'augmentation des gaz à effet de serre liée aux émissions anthropiques crée une augmentation de l'effet de serre naturel. Selon le GIEC, Groupement

International pour l'étude des Changements Climatiques ou IPCC*, les émissions anthropiques représentent pour le globe environ 7 milliards de tonnes de carbone, soit plus de 20 milliards de tonnes de CO₂** . Le système "terre - océans" en capterait environ la moitié, le reste s'accumule dans l'atmosphère.

Cet effet de serre apparaît ainsi et est maintenant reconnu comme un élément essentiel de **l'économie énergétique** du futur. La dimension du gaz naturel, avec son coefficient d'importance par rapport au CO₂ est aussi à bien considérer.

* IPCC : International Panel on Climate Change.

** Dominique Baudis, Pétrole et gaz naturel, chez Hirle. Premier trimestre 2004 / p 127.

Le transport routier se doit d'évoluer pour une ambition vigoureuse de progrès dans tous ses aspects énergétiques, quelle que soit la motorisation future envisagée. Le CO₂ dégagé, en service comme dans son cycle allant "de la source à la roue", ou l'équivalent CO₂, doit être un élément dominant dans les choix pour de nouvelles conceptions.

De nombreux gaz contribuent à l'effet de serre. Le principe d'une surveillance de quelques gaz a été retenue lors de la conférence de Kyoto de 1997, le **Potentiel d'Echauffement Global (ou PEG)**, étant défini pour la plupart des gaz. Ci-après nous rappelons le PEG des gaz de référence retenus dans le protocole. Ils sont au nombre de 6, dont 3 représentant des volumes considérables : le gaz carbonique, le protoxyde d'azote, le méthane, et 3 très persistants et puissants : hydrofluorocarbures, perfluorocarbures, et hexafluorocarbures de soufre.

Potentiel d'échauffement Effet de l'émission du	global - Le PEG gaz rapporté à celui du CO ₂
CO ₂	1
CH ₄	63 (1) - 42 (2)
N ₂ O	270 (1) - (2)
CFC 11	4500 (1) 4000 (2)
CFC 12	7100 (1) - 6200 (2)
HCFC 22	4100 (1)

(1) : R.Dautray . L'effet de serre et ses conséquences climatiques. Rapport 25
Rapport 25. Académie des Sciences. Octobre 1990.

(2) : IPCC, INRETS 1990.

Deux remarques nous semblent à associer à l'effet de serre :

a) - Considérer le méthane comme filière, comme une hypothèse énergétique majeure pour le futur impliquerait – si possible – de connaître l'ensemble des pertes du puits à la roue. (puits, pipeline, conversion en phase liquide, transport

en méthanier, stations de compressions, remplissages, éventuelles fuites sur camion et ateliers...)

b) – Considérer à l'inverse l'usage d'un bio-carburant comme un ester méthylique de colza implique de considérer l'absorption de CO₂ par la plante, au titre de la photosynthèse.

Un critère majeur à retenir au titre de l'effet de serre

**le CO₂ dégagé ou son équivalent,
la réelle dimension du CH₄***

"de la source à la roue"

* Des torchères brûlent encore du gaz en sortie de puits, dans le monde.

2.2.3 – Sécurité – Sûreté.

Il s'agit d'un sujet essentiel. L'enjeu est humain, social, d'image pour toute la filière du transport routier, environnemental, économique. Nous pouvons peut-être retenir les enjeux suivants :

Sécurité des personnes, conducteurs et tous autres usagers de la route,
Sécurité des matériels et produits transportés.

Sécurité vis-à-vis du feu.

Protections anti - intrusions, dégradations, vols.

Problèmes potentiels liés aux nouvelles technologies.

Et d'une manière générale :

Exploiter les meilleures technologies disponibles pour éviter
l'accident.

et

S'il a lieu, en limiter les conséquences humaines et matérielles.

Il faut, en cette période de grande transformation des conceptions, considérer les **problèmes potentiels découlant des nouvelles technologies**, problèmes plus ou moins malconnus pour des applications étendues. Acceptez cet exemple dans le cheminement vers le véhicule électrique du futur :

L'usage de tensions de 400 ou 500 volts dans le transport serait-il sans risque ou raisonnablement couvert par de bonnes règles de sécurité, sachant que l'on retrouve ces tensions avec les véhicules hybrides les plus récents ? La connaissance existe dans le champ des constructeurs eux-mêmes, l'est-elle dans les réseaux d'intervenants sur le produit en service, du garagiste au pompier ?

2.2.4 – Emissions nocives, gazeuses, solides, sonores.

L'enjeu pour le camion du futur ne devrait plus être celui des **émissions gazeuses** HC, CO, NOx, ni celui des émissions solides de particules, ni en essence ni en Diesel. L'application des dispositifs appropriés à la réduction drastique de ces polluants est dépendante de la volonté des Etats, nous semblant parfois tardive par rapport au développement de technologies disponibles et très efficaces.

- La catalyse en automobile a été engagée aux USA en 1973/1974. Elle ne l'a été qu'en 1993 en Europe, par étapes, pour les moteurs à essence, qu'à partir de 1996 pour les moteurs Diesel des automobiles. Le camion n'a pas été associé à cette étape de réel progrès, malgré l'efficacité démontrée d'une simple catalyse d'oxydation sur les combustions des suies et hydrocarbures aromatiques polycycliques nitrés, reconnus dangereux.
- La Suisse en l'absence de règles d'ensemble dans le domaine des particules, début d'année 2004, envisage une règle spécifique de limitation du nombre de particules émises de dimensions comprises entre 20 et 500nm, au niveau de 10^{11} / km, pour 2006, pour les automobiles Diesel.
- La Californie envisage d'agir sur les camions anciens commercialisés de 1993 à 1999 pour réduire les émissions de NOx, par changement des calculateurs des moteurs, au frais des constructeurs de moteurs.
- A l'opposé le groupe PSA Peugeot-Citroën a équipé plus de 500 000 véhicules de ses gammes de filtres à particules (FAP), assurant d'excellentes performances, au delà des exigences de la réglementation, contribuant alors avec IBIDEN et St GOBAIN à la création de la première usine au monde totalement dédiée à la fabrication de FAP, en France.

Dans de multiples domaines il revient à la réglementation de définir les limites et calendriers à respecter, pour le bien général, lorsque de bonnes technologies correctives existent, ce qui est le cas le plus courant.

Toutefois et dans certains cas l'usage des meilleures technologies disponibles n'est certes pas encore assuré : dans l'attente d'un développement technologique, comme l'attente d'une meilleure désulfuration des carburants, parfois aussi du fait de la modestie de l'exigence réglementaire (1).

Enfin dans certains cas des polluants potentiellement dangereux pour la santé, seraient peut-être mésestimés dans le champ des transports (2).

A court ou moyen terme les problèmes liés aux émissions gazeuses émanant du transport routier, automobiles et camions, devraient s'estomper très fortement avec l'engagement de systèmes catalytiques de réduction des particules et oxydes d'azote, selon les exigences réglementaires retenues (3). En outre les travaux relatifs aux combustions conduisent à penser que des progrès spectaculaires en émissions de NOx et particules seront retenus dans les prochaines années sur camions, avec des plages à émissions nulles pour ces 2 polluants.

Diaboliser le camion serait aussi peu constructif que de le statufier, nous rappellent certains spécialistes.

(1) Une motion parlementaire au Conseil Fédéral Suisse envisage la monte obligatoire de filtres à particules sur toutes les voitures neuves importées et mises en circulation en Suisse, en janvier 2006. AECC Newsletter. 01 / 02 - 2004. Une telle décision technique ne nous semblerait pas raisonnable, mais elle traduit bien un appel pour une nouvelle image du transport routier.

(2) Un exemple : le butadiène est reconnu par l'OMS comme potentiellement cancérigène.

(3) AECC Newsletter 01 / 02 2004 : Toyota précise lors du symposium sur les technologies propres,

tenu à Bruxelles le 2 février 2004 que "la technologie DPNR (Diesel Particulates and NOx Reduction) est maintenant sans égal : Elle élimine simultanément et respectivement 90 % des particules Diesel et 50 % des NOx sans additif et sans entretien". Un propos évoqué dans le champ de l'automobile mais, de notre point de vue, transposable aux camions Diesel actuels. Cette technologie n'est pas unique, en concurrence avec la technologie DeNOx impliquant des injection d'urée dans les échappements, appréciée sur camions. Elle devrait s'engager en Europe prochainement, en s'assurant que les camionneurs n'oublient pas l'urée

Les immissions (dans l'air), par opposition aux émissions sortant des échappements, ne sont d'ailleurs pas l'apanage du transport routier.

" Une étude récente faite par la Commission a examiné tous les trajets partant de ou aboutissant en Europe pendant l'année 2000 et a estimé que les émissions d'oxydes d'azote des bateaux correspondants atteindront probablement deux tiers des émissions d'origine terrestre en 2010 ", en Europe. (AECC Newsletter 01 / 02 – 2004)

➤ **Autre point : le bruit**, notamment dans toutes **les zones urbaines**.

La situation présente est certes très aggravée du fait de la composition du parc, où l'on rencontre encore des motorisations "épouvantables", réellement non acceptables : des ralentis qui claquent, notamment à froid, des accélérations marquées de rafales de combustions rudes, des niveaux de bruit en limite du supportable, nous sommes bien loin de ce que l'on peut faire raisonnablement.

Le camion est loin d'être le seul pollueur de ce point de vue : en premier pôle nous situerions le 2 roues, d'autant plus bruyant qu'il est petit, en second les véhicules utilitaires lourds et camions urbains anciens.

Il reste toutefois de nouvelles mesures à prendre, touchant le camion et il semble bien approprié d'engager des mesures ambitieuses pour améliorer l'image du produit camion urbain. Nous pensons prioritairement aux 4 éléments que sont : les moteurs, les transmissions lorsqu'elles sont mécaniques, le contact route – pneumatiques, l'aérodynamique.

Le véhicule utilitaire ou industriel urbain, sauf exceptions raisonnables, ne devrait-il pas être assujéti en bruit aux mêmes exigences que l'automobile ? *

Il nous semble que ce seul thème, le bruit, devrait conduire à des définitions de concepts de camions urbains démarqués. Le **camion totalement électrique** effectuant de petits kilométrages et le **camion hybride**, thermique / électrique **ne devraient-ils pas être envisagés ? Le camion Diesel urbain peut-il rester sans une franche évolution ?**

** Une telle approche judicieuse a été adoptée, par exemple en Europe, dans le domaine des émissions des automobiles : les exigences sont sans rapport avec le gabarit ou la puissance de la voiture, et chacun a du œuvrer pour satisfaire les attentes générales : un enrichissement de la technologie adoptée, une croissance de la charge des catalyseurs en métaux précieux si nécessaire, etc, l'objectif étant toujours d'avoir de mêmes niveaux d'émissions quelle que soit la taille des véhicules.*

➤ **Une anticipation dans le domaine de la santé.**

Le véritable enjeu pour le futur, dans le domaine de la santé impliquerait peut-être, dans le monde des médecins et chirurgiens professionnels, une connaissance ou recherche de connaissance, sur des problèmes potentiels lourds et non encore retenus comme importants.

Il nous semble, pour imaginer notre propos, que l'impact sanitaire des nanoparticules, sujet communément évoqué, reste trop imprécis.

Une structure combinée, Académie des Sciences et Académie de médecine, pourrait-elle être mise à contribution pour conduire une analyse démonstratrice et sélective sur les thèmes que médecins et chirurgiens professionnels retiendraient comme majeurs, pour le futur ?

Une réunion préalable impliquant quelques spécialistes (pneumologie, cancérologie, épidémiologie) pourrait peut-être confirmer ou infirmer une telle orientation, guider ou conseiller quelques actions ou programmes, comme cela avait été engagé lors d'une étude sur les effets cancérogènes des échappements des véhicules, en fonction de paramètres fondamentaux. Une telle recherche de connaissances, en amont, réalisée sous la conduite de spécialistes médicaux de haut rang, effectuée dans des unités neutres, ne serait-elle pas opportune ?

il nous semble que les enjeux environnementaux essentiels à retenir pourraient être les suivants :

Enjeux environnementaux essentiels :

Recyclabilité maximum.

CO₂ ou équivalent CO₂ minimum
pour toutes nouvelles conceptions et énergies.

Sécurité des personnes.

Sécurité des matériels et produits transportés.

Sécurité vis-à-vis du feu.

Protections anti - intrusions, dégradations, vols.

Connaissance sur les futurs polluants potentiels.

Evaluation de l'intérêt
du camion urbain à motorisation hybride.

Réduction des nuisances sonores en zones urbaines.
Les amener au niveau automobile.

Atténuer le bruit de roulement
Par une évolution des infrastructures et pneumatiques.

2.3 – VILLES ET CAMIONS URBAINS.

Imagine-t-on la myriade de véhicules utilitaires ou industriels au service d'une grande métropole, transporteurs, artisans, commerçants, services publics multiples, véhiculant quasiment tout, dans toutes les directions et ne ralentissant leur rythme que la nuit, à l'image d'une ruche ou fourmilière, mais devant couvrir tous les besoins humains.

Il n'est ni une organisation collective, ni une logique floue qui puisse assurer un guidage d'ensemble, toutefois les informations relatives à la congestion et aux temps de parcours transmises sur quelques grands axes semblent être très appréciées, et elles sont pertinentes.

L'aménagement s'est construit avec le métro pour le transport de personnes, celui de marchandises s'est construit par et pour lui-même, parvenant avec les difficultés et l'expérience à une efficacité qui doit atteindre ses limites, mais le jugement social est maintenant sévère, très critique.

Les enjeux sociaux mentionnés précédemment traduisent une attente forte pour une image nouvelle des moyens du transport urbain des marchandises.

Un enjeu attractif :

Il faut envisager de nouvelles architectures.
Quels nouveaux concepts possibles, propres, "silencieux",
des architectures ouvertes et à planchers bas,
des motorisations bien choisies ?

Répondre aux services attendus, économiques, fiables, rapides,
aussi discrets que possibles et à encombrements minima.

Ce véhicule de transport urbain pourrait devenir un produit spécifique, aux architectures dédiées aux besoins

2.4 – LE VEHICULE INDUSTRIEL LOURD.

Il est loin d'être parfait, mais il a profité de l'évolution des connaissances pour progresser, il s'est aussi adapté aux nouvelles conditions du marché. Ce progrès s'est étendu avec l'extension du réseau autoroutier en France. Le transport lourd est devenu performant, rapide, fiable, économique, réactif aux besoins primaires.

Mais les exigences ne s'arrêtent pas à ce niveau.

Il est mal reçu au niveau des exigences sociales, environnementales, économiques pour rester dans la compétition internationale, techniques et énergétiques, avec les 2 problèmes majeurs que soulèvent l'énergie dans le monde et le problème de l'effet de serre.

Nos réflexions et études de dossiers nous conduisent à rapporter ci-dessous un tableau dérivé d'une étude de 2002 relative au trafic fret longue distance, par filière industrielle, étude reçue de Monsieur Daniel FORTIN, METATM, DR. Ce tableau traduit d'une manière organisée les enjeux essentiels recherchés pour les véhicules lourds, non pour leur conception mais pour le service attendu.

FILIERES	ENJEUX ESSENTIELS
1 - Agroalimentaire	Besoin de déplacement des produits. Respect des délais. Besoin de certitude du déplacement. Besoin d'intégrité de la marchandise. Besoin d'éliminer les frictions entre les maillons de la chaîne. Besoin d'un moindre coût.
2 - Produits manufacturés divers.	Flexibilité et réactivité du système de transport. Rapidité et souplesse du système. Garantie d'efficacité du système de transport (gestion des flux, compétitivité de l'entreprise).
3 - L'industrie automobile.	Respect des contraintes de production. Respect du "juste à temps". Respect constant des horaires convenus. Fluidité du système. Compétitivité du coût. Rapidité du système.
4 - Pétrole et dérivés énergétiques.	Sécurité Coût du service porte à porte.
5 - Chimie et engrais	Sécurité (cas du transport de produits dangereux) Coût du service porte à porte. Fiabilité.

6 - Produits métallurgiques.	Respect des délais de "juste à temps". Coût du service "porte à porte". Rapidité du système de transport.
7 - Matériaux de construction manufacturés.	Respect strict de livraison sur les chantiers. Coût du service. Souplesse et flexibilité du système de transport.
8 - Granulats, sables et graviers.	Souplesse du système (distances de livraison courtes). Faculté d'adaptation du système au cycle saisonnier. Fiabilité des horaires de livraison des marchandises.
9 - Le bois.	Coût du service porte à porte Flexibilité du moyen de transport.
10 - Produits de groupage. (vente par correspondance et messagerie).	Rapidité du système. Souplesse du système. Ponctualité du système. Fiabilité du système.
11 - Les produits d'importation ou d'exportation passant par les ports et transportés en conteneurs.	Coût du service porte à porte. Possibilité de gérer les conteneurs vides.

Les enjeux dominants émanant de ce tableau sont les suivants :

- 1- **La rapidité. Le respect des délais**, des horaires convenus, le juste à temps.
- 2- **Les coûts** des systèmes de transport. La compétitivité.
- 3- **La souplesse et fluidité des systèmes.**
- 4- **La fiabilité.**
- 5- **La sécurité.**
- 6- La certitude quant à **l'intégrité des marchandises** transportées.
- 7- **L'absence de friction entre les maillons** de la chaîne.
- 8- **la certitude du déplacement.**
- 9- **Les contraintes de production.**

Une efficacité améliorée.

Avant d'exploiter directement les grands chargeurs professionnels, les entreprises industrielles devaient organiser avec leurs propres fournisseurs la logistique des transports. Plus récemment des entrepôts multi-usines, multi-clients se sont créés permettant des regroupages de "colis", pour une réduction des coûts.

Maintenant les flux d'informations logistiques se concentrent, se connectent et conduisent à une distribution rationnelle des marchandises à transporter via les réseaux les plus pertinents. La recherche de coûts toujours plus réduits se

poursuit, poussée par la compétition internationale, chacun ne jouant pas avec les mêmes données ou contraintes. La sophistication des organisations logistiques pourrait se poursuivre, du fait de la fragilité des entreprises des transporteurs. Les partenariats souhaitables inter - entreprises ont leurs limites et de difficiles contrats contraignants s'avèrent toujours indispensables du fait de l'hétérogénéité des intérêts.

Une volonté continue de réduction des coûts peut être retenue.

Enjeux relatifs aux PL grands routiers :

- Une meilleure efficacité énergétique.

- Une meilleure situation vis-à-vis de l'effet de serre.

- Une conception robuste, fiable.

Une conception économique à la possession et à l'usage.

- Une conception évoluée en sécurité et sûreté.

Une exceptionnelle aptitude en performances,
en délais d'acheminement de marchandises et en prix.

- Des équipements adaptés aux attentes des grands chargeurs.

2.5 – ENJEUX ECONOMIQUES.

Parmi les grands enjeux économiques, nous aimerions évoquer quelques points forts :

2.5.1 - Avoir l'ambition de très bien faire.

Nous voulons dire, sans démesure, faire aussi bien qu'au Japon, mieux qu'aux USA peut-être(1), et retenir l'attention de l'Extrême-Orient. Cela est certainement possible, du fait des connaissances existantes et du potentiel des entreprises. C'est, bien sûr, un appel au courage chez les dirigeants. C'est aussi un appel pour de bonnes recherches ciblées.

(1) – Le camion aux USA. Il est assuré que les technologies actuelles dans le domaine des camions n'y sont pas impressionnantes : Les cylindrées des moteurs sont fortes et les performances spécifiques modestes, les nouvelles techniques très performantes basées sur l'emploi de technologies électroniques très prometteuses sont japonaises ou européennes, non américaines. Ce camion consomme et ne dispose pas de capacités de charges élevées. En opposition les recherches américaines depuis 7 à 8 années nous semblent dynamisées par une prise de conscience des faiblesses, une richesse en cerveaux

passionnés dans les diverses approches en motorisations futures, une volonté politique d'abandon des techniques anciennes au profit de nouveaux concepts. La présence aux USA des grands équipementiers mondiaux très compétents, tels Bosch, Siemens, Denso ne peut que contribuer à un véritable renouveau de cet outil mondial qu'est le camion grand routier de transport de marchandises, domaine ambitionné maintenant par le "politique" américain.

2.5.2 - Dans la "révolution" industrielle actuelle, le premier objectif pour le camion devrait être, de notre point de vue, **la réussite de sa transformation en véritable camion du futur**, devenir un outil socialement respecté et apte à remplir ses multiples missions, ayant une image nouvelle favorable au développement et à l'économie.

Pour un tel objectif ne faudrait-il pas que le camion du futur soit un thème de recherche reconnu comme essentiel, qu'il soit constitué une chaîne de quelques bonnes volontés sur le sujet retenu, qu'il soit possible d'assurer un soutien financier français ou européen significatif aux recherches à accomplir, aux cotés des engagements financiers des industriels ou laboratoires.

2.5.3 – Réussir le double enjeu de l'énergie et du CO₂ sur autoroute comme en usage urbain.

2.5.4 – Harmoniser les règles du transport de marchandises en Europe. Législation du travail, de la conduite, des camions eux-mêmes.

Définir une charte relative au transport routier conduisant à une bonne efficacité dans le service visé, dans un schéma unique européen soumettant les uns et les autres à des conditions d'exploitation similaires, des contraintes à respecter par tous.

2.5.5 – Evolution de l'industrie du camion vers plus de services.

Il est une autre tendance, selon Renault Trucks, pour les industriels du camion, qui consisterait à faire évoluer le métier de constructeur vers

une fonction nouvelle de vente de services, accompagnant alors la logistique des transporteurs. Il est bien difficile d'en mesurer la pertinence économique, pour ce qui nous concerne.

2.5.6 - **Flash intermodalité.**

Pourrait - on envisager une intermodalité économiquement acceptable, susceptible d'apporter sa contribution à la réduction du trafic routier ?

La transformation de la société actuelle conduit à de multiples nouveaux marchés, à de nouveaux besoins, engendrant une partie de la croissance du trafic routier de marchandises, c'est-à-dire à une situation contradictoire avec le souci de réduire les encombrements et congestions.

De multiples essais en transport combiné sont engagés dans le monde, mais les réussites du transport rail / route sont modestes ou très insuffisantes.

En France et sur autoroute, 80 % des poids lourds (PL) font des trajets de moins de 150 km et le parcours moyen reste inférieur à 100 km. Le

trafic longue distance, accomplissant plus de 500 km ne représente 15 à 20 % du trafic total des PL.

(Bien évidemment certains corridors spécifiques ont des ratios très différents, et pourraient être justifiables de mesures spécifiques)

Novatrans assurerait 60 trains de ferroutage par jour, un train équivalant à 35 camions environ. La distance moyenne parcourue serait de 620 km en national, 1200 km en international. Le mode routier respecte ses délais courts à 98 %, le mode ferroviaire les respecte à 85 % en France, (85 % arrivant à 30' près), le mode ferroviaire ne les respecte qu'à 50 % en international, 24 % ayant des retards de plus de 24 heures.

La société Modalohr Express commune à SNCF Participations et Modalohr s'est engagée pour des transports combinés France - Italie sur un trajet de 185 km, avec 4 navettes de 14 wagons pouvant transporter 18 camions complets ou 28 caisses seules. Il s'agit d'une phase expérimentale. Si les résultats étaient favorables 20 allers-retours seraient envisagés en 2006, ayant un équivalent de 600 PL/jour. (Pour mémoire le tunnel sous la Manche voit 70 navettes/jour avec 3000 PL/j. et le tunnel du Fréjus 6000 PL/j.)

Aux problèmes des délais s'ajoutent les coûts, les disponibilités de sillons, le gabarit ferroviaire insuffisant, la réactivité du système par rapport aux attentes, les investissements à envisager, etc.

Ces sujets majeurs, ferroutage ou inter-modalité ne sont qu'évoqués, ils ne sont pas considérés dans notre étude.

2.5.7 – Usage des NTIC et assistances.

Un autre enjeu porte sur l'usage efficace des NTIC, nouvelles technologies relatives à l'information, à la communication, à la localisation, aux assistances possibles sur problèmes, aux guidages de toutes sortes qui peuvent s'imaginer, au déploiement des logistiques de transports dans la cabine-atelier du conducteur. Imaginerions nous des camions équipés de caméras électroniques miniatures à très hautes résolutions capables de "voir" dans les tunnels non éclairés, dans la pénombre, de restituer et mémoriser des images numérisées précises lors de passages difficiles*, des télécommandes agissant en lieu et place du conducteur pour des raisons de sécurité, pour changer de rapport de vitesse, freiner, accélérer, modifier une trajectoire, corriger une mauvaise gestion de l'énergie **, relever les couples sur chaque roue ainsi que les forces latérales d'inertie afin d'agir ou alerter, pour la sécurité , en cas de somnolence par exemple ***?

*/ **/ *** - voir page suivante.

* AutoTechnology International – Vol 3 / Okt.2003, Omron Automotive Electronics.

** Idem p 14, Université de Wolverhampton, programme FRETSET (framework for modeling and evaluation of in-vehicle telematic systems for safety, risk and benefit estimation in freight.)

*** Idem p38. Professor Chris Nwagboso, former chairman of the UK Society of Automotive Engineers.

Les éléments suivants nous semblent à retenir dans le cadre des enjeux économiques essentiels :

Grands Enjeux économiques :

- Avoir l'ambition de très bien faire.

Suivre les évolutions et retombées du programme de recherche US "21st Century Truck"

- Vouloir réussir le programme "camion du futur".

- Réussir le double enjeu, énergie du futur et CO₂.

- Valider et engager les meilleurs concepts pour le PL urbain et le PL grand rouleur.

- Avoir une harmonisation européenne des réglementations du transport par camion.

- Usage efficace des NTIC.

- Progresser en sécurité et sûreté.

2.6 - ENJEUX TECHNOLOGIQUES.

Ils ne peuvent être modestes si l'on ambitionne de réussir une conception bien appropriée au futur. C'est considérer toutes les potentialités de tous les éléments incluant l'énergie utilisée, les matériaux utilisés, la thermodynamique, les divers rendements et pertes, l'aérodynamique, de nouveaux moteurs et transmissions, en envisageant toutes les hypothèses prometteuses.

2.6.1 - Quelle énergie du futur devons-nous envisager ?

2.6.2 – Quelle motorisation, selon les usages ?

Quelles motorisations et transmissions conduiraient à la satisfaction des attentes ou objectifs ?

Motorisations thermiques, électriques, hybrides Diesel ou essence ?

Le Diesel – électrique n'aurait-il pas sa place, et dans ce cas l'exploitation "intelligente" de 2 petits moteurs thermiques économiques constituerait-il un pas de progrès ?

Une récupération des pertes énergétiques est-elle utopique ?

Transmissions mécaniques ou électriques ou hydrauliques ?

Comment assurer le meilleur pilotage des consommateurs d'énergies ou auxiliaires, par moteur électrique, par le moteur thermique ou un APU (petite pile à combustible, Auxiliary Power Unit). Pourrait-on espérer en outre une amélioration du rendement de ces consommateurs, communément médiocre ?

2.6.3 - Quels concepts de PL pourraient contribuer à la satisfaction des enjeux majeurs pour les PL urbains et PL grands rouleurs ?

Planchers bas, moteur(s) électrique(s) ou non, centre de gravité des charges abaissé ou non.

Aptitude à recevoir les techniques d'amélioration de la sécurité, préventive, active, passive? Saurait-on améliorer la compatibilité entre les véhicules routiers. La réduction de la masse à vide est-elle envisageable ?

Une croissance du poids total roulant autorisé, (PTRA), pour les PL grands rouleurs, conduirait-elle à une réduction de l'énergie consommée, à une réduction des dégagements de CO₂, ou équivalent CO₂ ?

2.6.4 - Le bruit.

Pourrait-il être limité à la conception, en assurant le respect des limites convenues, durant la vie du véhicule, pour les PL circulants en zones urbanisées ?

2.6.5 – La sécurité, un enjeu important :

Un progrès réel en sécurité n'est-il pas imaginable ?

Doit-on admettre les "mises en portefeuille" sur sols à mauvaise adhérence de certains produits industriels ? Pourrait-on envisager une compatibilité camion-voiture améliorée, avec des structures déformables et très amortissantes ? L'assise au sol est-elle de niveau satisfaisant, lors d'un test de "l'élan" adapté aux camions ? Les aptitudes du camion en sécurité sont-elles validées par des tests "sécurisants" ?

La réglementation est-elle assez ambitieuse et les moyens de validation bien adaptés ? Ne devrait-on pas augmenter les contrôles de charges par essieux sur certains parcours, cela pouvant se faire en roulant à basse vitesse, par exemple aux barrières de péages ?

Une garantie de bons freinages est-elle assurée, de manière fiable ?

Les problèmes de vision et de somnolence ne pourraient-ils pas recevoir quelque assistance, même partielle ?

Certains guidages locaux avec une infrastructure adaptée ne seraient-ils pas envisageables, assistance sur certaines voies critiques, ou lors de dévers pouvant être dangereux ? Etc..

2.6.6 - Camion à longueur augmentée pour une amélioration aérodynamique significative.

Pourrait-on contribuer au progrès avec une longueur du camion légèrement augmentée, non pour augmenter les capacités de charges, mais pour réaliser des gains en énergie (CO₂) avec les camions grands rouleurs, et exploiter cet allongement pour implanter des barrières d'amortissement avant et arrière, pour atténuer la gravité des collisions.

2.6.7 – Réflexions complémentaires :

- Danger des charges hautes. Serait-il possible d'obtenir une réduction de la vulnérabilité due aux charges hautes ? Une modulation des hauteurs d'assise des plateaux de chargement, serait-il possible, côtés

droit ou gauche, à l'aide de suspensions pilotables, associées à des limitations de vitesses en virages prononcés ?

Quel que soit le système retenu, une règle de contrôle serait à développer pour l'ensemble des camions associée à une structure de validation, par exemple à l'UTAC, un centre expérimental bien connu du Ministère et pouvant assurer le délivrance de certificats de conformité avec les réglementations.

3 - CAMION DU FUTUR. INVESTIGATIONS SUR PROBLEMATIQUES CIBLEES.

3.1 - Des réglementations orientées sur le futur.

Les réglementations actuelles, travaillées avec minutie, impliquent des accords difficiles à conduire pour parvenir, au niveau européen, à une acceptabilité générale. Actuellement les travaux engagés couvrent une nouvelle difficulté, une recherche d'harmonisation mondiale avec, de fait, la réglementation américaine. Ce point est en outre souhaité des constructeurs de poids lourds. Une tâche lourde et inévitablement longue.

L'engagement du programme US "Camion du futur" (mentionné dans notre introduction) pourrait bien alourdir cette recherche d'harmonisation mondiale, en apportant peut-être des exigences nouvelles, certaines difficiles à partager, compte-tenu des écarts entre les programmes de recherches menés aux USA et en Europe.

Des exigences nouvelles en Europe, en réglementation, dans le domaine de la sécurité, dans le domaine du bruit, dans le suivi des vitesses, dans la tenue de route, dans les assistances à la conduite, vigilance ou respect des couloirs pourraient-elles s'engager dans le futur sans un accord mondial ?

Une réglementation spécifiquement européenne d'ensemble pour les besoins du futur ne serait-elle pas souhaitable, se cumulant à un souhait d'harmonisation des diverses exigences des nations européennes, actuellement divergentes sur certains points et pénalisantes aux échanges en Europe.

Il serait alors envisageable dans un planning plus souple de rechercher une harmonisation mondiale, Europe, USA, Japon, Corée.

3.2 - Une recherche de techniques attractives par le calcul.

On aborde aisément des conceptions nouvelles en envisageant des prototypes ou des démonstrateurs onéreux, pouvant parfois s'avérer inappropriés pour les développements futurs.

Il est une autre approche qui consiste à faire un travail de modélisation un peu lourde, après validation de la pertinence et qualité des programmes de calcul couplés à mettre en jeu, afin de réaliser, sans démonstrateur une pré-sélection ou pré-orientation judicieuse, à partir de résultats scientifiques chiffrés.

Cette technique commence à être exploitée dans le monde pour l'automobile, et il semble aux spécialistes de ces calculs que les grands programmes de modélisation devraient convenir pour, par exemple, des calculs énergétiques relatifs à de nouvelles conceptions de camions.

De tels programmes existent en France, ils peuvent être appliqués aux profils de mission désirés, cycle urbain, cycle mixte, cycle routier ou autoroutier, situation en pente ou dans un relief défini, dans les diverses technologies envisageables. Il nous semble approprié de suggérer une exploitation des potentialités actuelles du calcul, en suggérant l'établissement d'une telle modélisation, en amont d'un certain nombre de choix, du type hybride essence ou Diesel, intégrant bien les servitudes de dépollution et autorisant d'excellentes comparaisons en énergie consommée dans de multiples concepts.

3.3 - Pour des concepts novateurs de PL urbains et de PL grands rouleurs.

3.3.1 - Le camion à moteur électrique alimenté par batteries.

Une nouvelle approche pour le camion urbain qui ne réaliserait que de petits kilométrages (moins de 200km / jour) : le camion à motorisation électrique seule, alimenté par de nouvelles batteries (lithium ion* ou lithium metal polymère**), en développement, non encore adoptées par les constructeurs de voitures hybrides japonaises, pour des raisons de prix et de fiabilité encore insuffisante.

Un tel camion électrique pourrait vraisemblablement recevoir des moteurs roues, un plancher abaissé, une nouvelle organisation du poste de conduite du fait de la disparition du moteur thermique et de la transmission mécanique. L'attention devra être portée sur le rendement de la chaîne électrique pour ne pas pénaliser cette solution en consommation d'énergie, en autonomie.

Avec son silence et une absence totale d'émissions, cette conception devrait profondément contribuer à la transformation de l'image du camion en ville.

Ce projet repose sur l'existence de batteries performantes, industrialisables, raisonnables en coût et fiables. Les orientations des recherches actuelles sont encourageantes. Leur développement industriel constituerait une étape attractive non seulement pour les camions urbains mais également pour de très multiples véhicules utilitaires urbains.

** Le groupe SAFT poursuit ses recherches sur de telles batteries et a fait connaître dernièrement, début avril 2004, quelques résultats, semblant très encourageants. Les recherches sont conduites dans l'objectif d'une autonomie proche de 200 km et d'une longévité voisine de 15 à 20 ans. Les derniers éléments annoncés dans ce domaine des batteries nous amènent à considérer que la perspective du camion tout électrique urbain mérite d'être considérée.*

***En marge de la SAFT, le groupe Bolloré, avec sa filiale BATSCAP (pour batterie super capacité) dont-il contrôle 80 %, aux côtés d'EDF (20 %), investit dans le domaine de la batterie avec des recherches en technique lithium-metal-polymère.*

3.3.2 - le camion urbain hybride, essence ou Diesel.

Le véhicule hybride est équipé de 2 motorisations couplées avec un petit moteur thermique, Diesel ou essence, et un 2 moteurs électriques, chacun pouvant se coupler à la transmission mécanique du véhicule, selon la forme de l'hybridation retenue.

Les derniers résultats obtenus avec des produits japonais en automobile traduisent dans le cas d'hybrides essence des gains remarquables en consommation urbaine, tandis que les consommations en service sur route ou autoroute sont sensiblement inchangées.

Très économe en énergie en usage urbain le véhicule donne globalement d'excellents résultats en automobile. Les résultats récents constituent de véritables catalyseurs de sensibilisation de tous les constructeurs du monde, suiveurs des avancées de Toyota et Honda.

Les résultats obtenus sont transposables, de notre point de vue, à des applications de type camion ou bus, le moteur thermique étant en cycle thermodynamique essence ou Diesel. Cette disposition hybride nous semble attractive pour le futur.

Les réflexions conduites nous autorisent à penser que **la technologie hybride peut / doit être étendue à l'ensemble des moyens routiers en usages urbains**, véhicules utilitaires, industriels légers ou lourds, bus, bennes à ordures ménagères.

Cette ouverture pour les véhicules hybrides est confirmé par de multiples travaux de recherche, également par des décisions industrielles, comme celle du constructeur de poids lourds japonais NISSAN DIESEL qui envisage de s'associer avec le fabricant de microscopes électroniques JEOL pour fabriquer des condensateurs pour véhicules hybrides (essence / électricité), laissant entrevoir un programme de R&D pour des camions hybrides – essence / électrique au Japon.*

Dans le cas du camion urbain l'hypothèse d'un hybride essence doit être considérée sérieusement : les résultats comparatifs en gains en énergie consommée entre les deux technologies hybrides, essence et diesel devraient être démonstrateurs :

Le moteur diesel présente une très large plage de fonctionnement avec un excellent rendement, domaine dans lequel le gain apporté par l'hybridation existera mais sera réduit du fait de la qualité du point de départ.

Le cycle thermodynamique essence présente un rendement médiocre aux faibles charges, autorisant des gains importants en version hybride en usages urbains.

De manière simple l'hybride diesel devrait être le meilleur en énergie, en CO₂, mais il sera beaucoup plus cher qu'un hybride essence. L'hybridation se justifierait-elle ? (Cette remarque devrait probablement être reconsidérée s'il fallait envisager le cas des nanoparticules, le moteur à essence ayant alors besoin, lui aussi, de traitements spécifiques).

Il nous semble qu'un choix rationnel technico-économique pour le camion urbain pourrait être une définition hybride essence. (pas besoin de piège à particules, pas besoin de catalyseur spécifique pour les NOx, moins de bruit, moins lourd et moins cher).

Cette orientation reste à valider. Elle pourrait être confirmée dans les prochaines années par les retombées des recherches engagées récemment dans le monde automobile par TOYOTA ou par PSA avec RICARDO, ou d'autres tels NISSAN DIESEL en camions pour le marché japonais, mais aussi en exploitant les programmes de calculs et modélisations évoqués précédemment qui, conduits par des personnels compétents et bien expérimentés dans ce domaine, devraient conduire à des résultats fondamentaux.

* *Information Nissan Diesel. Les Echos - 15.06.04.*

3.3.3 - Le camion grand rouleur.

333.1 - Un aspect global.

Il n'y a pas actuellement d'hypothèse attractive, en système électrique, pour la motricité, dans l'attente de grands progrès dans le domaine des **piles à combustible**, et de leur alimentation en hydrogène, pour satisfaire économiquement le besoin de puissance motrice d'un camion grand rouleur.

Nous avons vu que la **technologie hybride** présentait un point de grand intérêt en usage urbain, mais non en usage grande route ou autoroute.

Ces 2 technologies - PAC et Hybridation - basées sur une exploitation des potentiels de l'énergie électrique se différencient dans leur possible engagement industriel : l'hypothèse du camion urbain et périurbain bénéficiant d'un groupe hybride est pensable rapidement, tandis que l'engagement de camions grands rouleurs équipés de PAC n'est pas envisageable à un horizon visible du fait notamment de technologies non disponibles et d'une ignorance des caractéristiques en rendement des futures piles, en fonction des puissances demandées.

Faudrait-il alors rester dans la technologie Diesel avec ses nouvelles injections directes électroniques ?

La réponse est négative. On ne peut oublier les enjeux fondamentaux mentionnés précédemment.

Il faudrait, de notre point de vue, pouvoir préparer le groupe motopropulseur DIESEL d'un futur à terme moyen, tirant la quintessence thermodynamique de combustions très évoluées, technologies qui pourraient s'envisager dans 10 – 15 voire 20 années, Nous assurons, sans prétention excessive, que là se situe le meilleur potentiel en énergie consommée et CO₂, compte-tenu des rendements possibles, en considérant bien toutes les conditions de charge, en associant au moteur thermique une transmission pilotée électroniquement et attentivement choisie, pour n'avoir que de très faibles pertes énergétiques. (Dans l'attente des futures piles à hydrogène à bons rendements). Voir § 332.

Le poids total roulant du grand rouleur.

Pour réduire la consommation de carburant par tonne transportée, comme le nombre de camions en circulation, l'hypothèse d'une augmentation du poids total roulant, nous semble à envisager, bien évidemment en respectant tous les critères réglementaires visant à protéger la chaussée, sans augmenter les charges par essieux, en considérant des règles spécifiques de sécurité ou prudence tant vis-à-vis des technologies que des attentes sociétales. Le chiffre de 60 tonnes, semble présenter une crédibilité auprès des constructeurs en Europe. De tels produits sont en usage en Australie, en expérimentation en Suède mais aussi aux Pays -Bas. Ce contexte a été analysé avec beaucoup de rigueur et précautions par MICHELIN, qui offrirait volontiers ses observations à la DRAST. Il ne s'agit pas de remplacer le niveau de 40 tonnes, mais d'évaluer et expérimenter quelques camions sur quelques corridors chargés.

333. 2 - La motorisation des 10 à 25 prochaines années.

Il faut envisager, pour le camion grand rouleur, un groupe motopropulseur comportant en premier élément de la chaîne motrice **un Diesel nouveau, n'existant pas actuellement au monde**, très évolué par rapport aux motorisations connues en 2004. Le potentiel de gain en énergie, significatif, sera de notre point de vue amplifié par l'emploi d'une chaîne nouvelle de transmission, soit électrique, soit mécanique mais dans ces 2 cas avec un pilotage "intelligent", un équipement robotisé, effaçant les faiblesses humaines dans les conditions et choix de conduite.

Le pied du conducteur ne donnera pas d'ordre physique à son groupe motopropulseur, il indiquera seulement, du pied droit, la performance instantanément attendue : le calculateur, devenu complexe décidera et pilotera les éléments de la chaîne pour satisfaire la demande au mieux sans sacrifier ce qui ne doit pas l'être : consommation minimum, rapport de boîte le plus favorable en énergie comme en bruit, intégration des dispositions à respecter pour des émissions réduites, pour un seuil de bruit respecté, intégration des critères émanant de l'unité de gestion de la thermique, de l'unité de gestion de l'énergie, il décidera et ordonnera des consignes impératives relatives à la sécurité, comme une fourniture ou un arrêt de puissance, un engagement de freinage d'urgence par le groupe motopropulseur, une modulation des puissances motrices ou de freinage au droit de chaque roue, etc.

Nous l'imaginons avec, à moteur donné, un nombre de cylindres actifs variable, selon la puissance demandée, pour le rendement en toutes conditions, ce que nous appelons la "dé-activation" de cylindres.* Egalement cette motorisation du futur pourrait ne plus avoir de commandes de soupapes mécaniques mais des commandes électro-magnéto-hydrauliques vraisemblablement, permettant de

généraliser des lois de soupapes indépendantes les unes des autres et totalement variables, en angles d'ouvertures, en levées, en calages en rotation. Nous considérons en outre que le futur exploitera des détecteurs de pression dans les cylindres qui assureront une parfaite position des dégagements d'énergies afin de placer toutes les combustions dans les meilleures conditions de rendement.**

Une telle étape regroupant la désactivation de cylindres, la commande "électronique intelligente" des soupapes, des rapports de compressions variables, des combustions homogènes froides, tout cela pourrait justifier un plan de recherche constructif, permettant de gagner en émissions, en consommations, en bruit, en facilité de démarrage, en confort de conduite dans des conditions difficiles de températures et pressions (adaptation à l'altitude), en sécurité active, contribuant à un excellent positionnement mondial de la technologie européenne du grand camion.

Récupération énergétique : Il pourrait être judicieux de soutenir un autre acte de recherche en récupération énergétique. L'énergie reçue au droit d'une turbine d'un turbocompresseur est bien supérieure, aux fortes charges, à celle nécessaire à la commande du compresseur de suralimentation. Cet écart entre le disponible et le besoin est voisin de 50kW ! Cette énergie est perdue. L'hypothèse d'une récupération d'une fraction de celle-ci peut être envisagée. Nous l'imaginons de 2 manières : soit par un turbocompresseur "à cœur électrifié" (des études dans ce cas de figure ont été engagées par Caterpillar aux USA avec une technologie permettant de récupérer et fournir de la puissance lors de démarrages demandant beaucoup de couple), soit à l'aide d'une petite turbine couplée à un moteur électrique, pouvant remplir les mêmes fonctions.

** Une telle désactivation est exploitée sur la dernière voiture hybride Honda dans laquelle le petit moteur à essence fonctionne, cas extrême en fonction du besoin, avec un seul cylindre actif.*

*** A notre connaissance le premier moteur au monde recevant un tel équipement de détection et positionnement des combustions, basé sur les pressions dans les chambres, devrait être engagé industriellement sur un petit Diesel japonais en 2006 ou 2007.*

333.3 - La transmission et son "management" avec le moteur.

Il y a 3 techniques possibles pour une telle transmission de puissance depuis sa source, en sortie du moteur thermique, jusqu'à la roue, non comprise : mécaniques, électriques et hydrauliques.

Transmissions hydrauliques.

Il n'y a pas d'orientation constructive à notre connaissance pour la voie hydraulique, dans le domaine ici recherché. Il n'est pas de réalisation industrielle actuelle démonstratrice, pas de plan d'engagement à notre connaissance, toutefois ce thème figure au programme de recherche US sur le camion dit du "21 st Century Truck".

Il ne nous semblerait pas constructif de suggérer en 2004 l'engagement d'une éventuelle recherche européenne dans cette technologie. Il nous semble préférable de suggérer une attitude d'observateur sur ce sujet qui nous semble non prioritaire et à risque.

Transmissions mécaniques. C'est le monde d'aujourd'hui des boîtes de vitesses et ponts arrières. Une technologie affinée suivant 3 axes couplés : avoir un bon rendement sans points chauds locaux, avoir une durée de vie se chiffrant en millions de kilomètres, si possible ne pas induire de bruyance dominante.

Aurait-on là la solution du futur ? Assurément non.

Selon le rapport de boîte retenu en chaque instant on peut se situer sur le meilleur point de rendement de la motorisation, ou au contraire en être bien éloigné. D'un conducteur à un autre on peut relever des écarts de consommations significatifs de 7 à 9 %.

Le futur qui se prépare devrait améliorer ce contexte avec le développement des boîtes mécaniques robotisées, pilotées électroniquement sans intervention humaine, à volonté. Le bon rendement théorique des transmissions mécaniques ne sera plus l'apanage des conducteurs très économes, nous le retrouverons sur l'ensemble des trajets. Le gain potentiel, fonction du nombre de conducteurs médiocres au plan de l'énergie, devrait pouvoir être estimé à **4 % (voire 5 %) sur les consommations**. Ce gain ne sera donc pas un gain sur le rendement de la transmission, celui-ci restera inchangé, excellent, avoisinant 98 % dans les technologies communes, ne faisant pas apparaître de renvois d'angles imposés par des choix architecturaux. Ce gain escompté résultera d'une meilleure adaptation des conditions de fonctionnement des moteurs, par une robotisation pré-programmée en fonction du profil de mission, charge du camion, pente de la route, altitude, température, vitesse, etc.

Transmissions électriques.

Pour pouvoir bénéficier de cette technologie il faut disposer de l'énergie électrique, c'est à dire la produire. La technologie la plus favorable sera donc celle d'un **Diesel – électrique**, un moteur Diesel faisant fonctionner un générateur électrique. La puissance électrique est ensuite transmise de manière filaire aux moteurs - roues par exemple. Le problème, de notre point de vue, est celui du produit de 2 rendements, celui du générateur de la puissance électrique, rendement à considérer en fonction de la charge demandée et celui des moteurs – roues. On imagine bien que le résultat ne pourra être au niveau de

celui d'une transmission mécanique, mais peut-être pourrait-il s'en rapprocher, ouvrant alors la voie à une nouvelle architecture de camion, du fait de la modification des encombrements par la transmission filaire de la puissance, qui pourrait permettre un abaissement de la hauteur de chargement, de la hauteur du centre de gravité.

Autre approche dans ce domaine des transmissions électriques : c'est **l'emploi de 2 petits moteurs thermiques Diesel**, par exemple 2 moteurs de 3 cylindres, chacun de 6 litres de cylindrée (3x2 litres) pour arriver à des puissances voisines de celles d'un moteur à 6 cylindres en ligne de 12 litres. On peut ainsi ambitionner un fonctionnement sur un seul 3 cylindres, et de temps en temps faire fonctionner les 2 motorisations sur appel de grandes puissances. Le gain énergétique sera donc une fonction du temps de marche à faible et à forte charge. Le jugement pourrait être obtenu par un comparatif avec un moteur à 6 cylindres, exploitant la technologie de dé-activation de cylindres préalablement mentionnée.

Nous sommes incapables de situer en relatif ces dispositions, apparemment simples, du fait des situations thermiques très différenciées des 2 petits 3 cylindres, des turbocompresseur, catalyseur / piège, des frottements de 7 paliers dans un cas, de 4 ou 8 dans l'autre selon les charges.

Une recherche par une modélisation de ce cas de figure un peu complexe, pour évaluation de son potentiel, nous semble appropriée avant un lancement d' étude.

333.4 – La commande des auxiliaires. La technologie pile à combustible.

Quant aux auxiliaires, tous devant être améliorés en rendement, nous les imaginons conduits par une pile à combustible, un APU s'il se confirme qu'un tel équipement assure un bon compromis en énergie et en sûreté de fonctionnement. Ce serait une contribution au cheminement industriel vers un futur vraisemblable à motorisation par piles de puissance, une assistance aux recherches dans ce domaine.

3.4 - Energies du futur. Filières potentielles et orientations.

Le XIXème siècle fut celui du triomphe du charbon, le XX ème siècle celui du pétrole puis du gaz. Vers la moitié du XXI ème siècle le déclin du pétrole et du gaz vont-ils laisser une large place aux énergies nucléaires et renouvelables ?

Quelle énergie dans quelques années dans le transport routier ?

Les pétrochimistes de la seconde moitié du XXI ème siècle sauront-ils produire les carburants synthétiques ou l'hydrogène qui pourraient venir remplacer le pétrole notamment dans le secteur des transports ?

Ne pouvant répondre nous soulignons simplement l'importance de la question des économies d'énergies.

Ce point relatif aux énergies du futur n'est pas traité dans cette étude à sa réelle dimension. Il justifierait en lui-même une analyse spécifique. Nous disposons toutefois de nombreuses informations actualisées, émanant de l'IFP, des constructeurs, de l'étude commune faite fin 2003 par le CONCAWE (pétroliers européens), EUCAR (constructeurs auto et camions) et la Commission dans le cadre du JRC (Joint Research Center), ainsi que des études émanant des pétroliers eux-mêmes.

Les énergies majeures à considérer nous semblent les suivantes :

a) Avec les essences : une **additivation possible d'ETBE** (Ethyl Tertio Butyl Ether) à **pourcentage relevé**. Base : alcool éthylique. Pas de nouveauté. Rappelons toutefois les réserves qu'il faut avoir quant à l'usage direct d'alcools dans les moteurs, qui conduit à des problèmes sérieux de fonctionnement. La solution française retenue avec l'ETBE est par contre satisfaisante tant pour un bon fonctionnement que pour les émissions gazeuses.

b) Avec le gazole : une **additivation fortement augmentée d'ester méthylique de colza (EMC)** ou EMVH, ester méthylique d'huile végétale, par exemple de tournesol, au niveau de 20 ou 30 %, au lieu de 3 à 5 %. Ce niveau de 20 à 30 % est important, mais ne devrait pas soulever de problème industriel. Il faut toutefois souligner une réelle occupation forte des surfaces agricoles en Europe, où il faudrait considérer des millions d'hectares de colza, tournesol ou autres plants. Bien évidemment la situation économique de l'EMC n'est pas compétitive avec celle d'un bon gazole dérivé d'un bon pétrole à 20 \$/baril, en prix technique. L'augmentation durable des prix du pétrole devrait contribuer à une amélioration de la situation relative des EMC ou EMVH. L'usage directe des huiles naturelles, hors estérification est à proscrire, car elles renferment des éléments qui affectent les combustions et équipements d'injections.

Comme dans le cas des alcools, on peut dire que les moteurs thermiques ne supportent pas les produits naturels ne faisant l'objet d'aucun traitement minimum d'affinage. L'emploi actuel de ces EMHV, de qualité, est "banalisé" : la présence de ce biodiesel n'est pas précisée à la pompe.

Le développement français de la filière EMHV nous semble tout à fait approprié, au plan technique, en oubliant les prix de revient du produit, qui serait proche de 60 \$/"baril". Selon les projections de l'AIE, 5 % de la consommation mondiale de carburants pourrait être d'origine végétale en 2010.

c) Le gazole de synthèse, dérivé du gaz naturel par le procédé Fischer-Tropsch n'est autre qu'un gazole défini chimiquement pour satisfaire le besoin des moteurs. Il est d'une excellente qualité. Sa production industrielle est engagée dans le monde (U.K., USA, Indonésie, Brunéi, etc.). Technologiquement excellent il présente l'inconvénient de conduire à une augmentation du CO₂ réel du fait du traitement F. T. Des travaux de R&D se poursuivent, y compris au niveau industriel en vue de réduire un peu les dégagements de CO₂ lors de la fabrication de ce gazole de synthèse.

d) Le méthane.

Une énergie attractive qui pourrait présenter un bilan CO₂ très favorable. Les forages de recherche de pétrole intégraient ce qui était appelé le "risque gaz", le risque de rencontrer des nappes de gaz naturel, non désirées à l'origine. Actuellement il existe encore (2004) des puits qui se libèrent en brûlant du GN à la sortie de torchères, 24 heures / 24. La considération rationnelle de ces situations et des pertes sur les systèmes de distribution, incluant les stations de compression, les liquéfactions, les transports de gaz liquide avec le maintien au voisinage de - 170 °C par l'évaporation*, nous semble souhaitable et justifierait une évaluation d'ensemble. Nous n'avons pas eu la chance de trouver une telle étude qui devrait être engagée à défaut d'exister.

La combustion du gaz naturel, dans un moteur thermique est tout à fait possible, dans un cycle thermodynamique essence, c'est à dire avec des combustions initiées par des allumages par étincelles, et non par compression d'un mélange air-méthane. Il suffit de transformations modestes pour convertir un moteur à essence en moteur fonctionnant au méthane, il n'en est pas de même si l'on part d'un moteur Diesel puisqu'il faudra commencer par lui créer une chambre de combustion et une culasse spécifique.

Le méthane est stocké, sur véhicules dans des réservoirs sous des pressions voisines de 200 bars, 300 bars dans certains pays, se traduisant par une autonomie un peu faible et une masse et un volume de réservoir élevés du fait de la faible densité de puissance embarquée, par rapport aux énergies conventionnelles.

Les dégagements de CO₂ d'un véhicule équipé pour fonctionner avec du méthane sont très favorables. Il faudrait, pour être précis y ajouter les émissions d'hydrocarbures méthaniques, rejets de méthane imbrulés,

* le gaz naturel est importé en France au niveau de 30 % de notre consommation de gaz sous forme liquide.

résultants de la petite difficulté de bien brûler la molécule stable de CH₄ dans une chambre de combustion, comme dans un catalyseur du fait de la teneur en eau des gaz d'échappement, tenir compte également de l'impact du PEG ou potentiel d'échauffement global du méthane perdu et rejeté. (§ 2.3.2)

Alors nous aurions un chiffrage rationnel de la situation en équivalent CO₂ de cette énergie dans des moteurs à combustion correctement dépollués.

Il serait bon de pouvoir bénéficier d'une synthèse relative aux **recherches relatives au stockage sur les véhicules routiers du GN à l'état gazeux**, sans avoir besoin de le comprimer à de hautes pressions. De multiples entreprises au monde ont engagées des recherches pour de tels stockages dans des réservoirs à charbons actifs sous des pressions limitées, voisines de 30 bars. Une telle recherche, conduisant à des résultats favorables, non

obtenus à notre connaissance, contribuerait fortement au développement de la filière GNV.

Une autre recherche relative à cette filière, pour son développement rationnel, consisterait à connaître la composition des diverses sources de gaz naturel dans le monde et en particulier en Europe et plus encore avoir **une définition européenne précise du gaz utilisable dans le transport européen pour que les constructeurs puisse satisfaire les diverses attentes**, pour le CO par exemple. Nous savons que nous pouvons rencontrer des écarts avoisinants 10 % quant à la teneur en méthane selon la provenance. En France il y a 2 spécifications pour les 2 gaz naturels commercialisés ayant des écarts de pouvoir calorifique supérieur allant de 9,5 à 12,8 kWh/m³, traduisant ainsi des écarts en valeur énergétique voisins de 30 %, des écarts en vitesse de combustion voisins de 30 %, caractérisés par l'indice WOBBE allant 11,8 à 15,7. L'éthane que l'on peut rencontrer dans le gaz naturel, s'il est en fort pourcentage (8,5 % pour les gisements d'EKOFISK en Norvège, 21,2 % pour ceux de KIRKUK en Irak), conduit à une chute du rendement thermodynamique, à une augmentation des NOx et à des problèmes de cliquetis ou inflammations dangereuses*.

Quelles compositions retenir en Europe ? Quels impacts pour des fonctionnements fiables, pour compenser les écarts de pouvoir calorifique, corriger les paramètres des combustions, avoir des catalyses adaptées assurant de bonnes réponses ?

Pour obtenir des résultats plus favorables qu'avec les motorisations diesel actuelles (2004) il serait probablement judicieux d'envisager une définition européenne du GNV, avec des frontières acceptables pour les divers véhicules routiers, VP, VU, VI.

Nous ne mentionnons pas l'emploi du GN à l'état liquide, compte tenu des servitudes associées au stockage, dans le cas de transports routiers non exceptionnels.

* Etude - AFGNV - Octobre 2003.

e) BTL – Biomasse To Liquid.

Les molécules de nombreuses substances sont constituées essentiellement d'hydrogène et de carbone : amidon des céréales, sucres des fruits ou betteraves, cellulose des plantes. Certaines de ces substances sont appelées des hydrates de carbone.

Une parenté chimique rationnelle reflétant une lointaine origine commune entre charbon, pétrole, biomasse "actuelle", les hydrocarbures comme les charbons proviennent de biomasses fossiles bien évidemment non renouvelables à échelle humaine. Demain nous devrions pouvoir remplacer une partie des usages du pétrole par une bonne exploitation des biomasses actuelles.

Elles sont certes renouvelables mais ne représentent qu'une petite concentration énergétique, un handicap important.

Mercedes et VW travaillent avec la petite entreprise allemande CHOREN à partir de résidus de bois qui sont transformés en méthanol, celui-ci étant alors converti en gazole de synthèse, avec le procédé FT. Une décision ne sera pas prise avant 2005 ou 2006 pour des engagements industriels. Ces travaux se feraient en liaison avec Shell et BP, qui disposent de la plus grande expérience mondiale de fabrication de gazole de synthèse. Intitulé de ce carburant : le Biotrol.*

* *Engine Technology International - 09 / 2003 et ENSMA Poitiers 8/04/04.*

f) Transformation des carburants conventionnels.

Il ne s'agit pas là d'une alternative aux produits pétroliers, mais plus modestement d'une possible évolution importante touchant les carburants liquides actuels, une reformulation examinée depuis 2000/2001 sensiblement.

Avec le développement des combustions homogènes, (dites ATAC, CAI, HCCI, ou flammes froides) dans les 2 motorisations essence et Diesel, se pose le problème d'une évolution de la formulation des carburants. Rappelons qu'il est alors possible, avec de telles combustions maîtrisées, d'éliminer sensiblement 95 % des émissions de NOx et de particules, sur une fraction de la plage de fonctionnement des 2 motorisations essence et Diesel, les cycles de fonctionnement essence et Diesel se rapprochant alors considérablement. **Le moteur à essence fonctionne alors avec une amélioration de son rendement avoisinant 15 à 18 %**, avec la disparition de la boucle négative de son cycle thermodynamique.

Des études sont engagées à l'étranger, et en France avec Total, l'IFP, des constructeurs ainsi que l'ADEME.

Il ne nous semble pas justifiable de considérer cette recherche dans notre étude. Elle ne pourrait que renforcer notre orientation pour la considération de la motorisation essence sur les camions hybrides du futur.

g) Le Di Méthyl Ether ou DME.

Ce carburant soutenu par certains lobbies (celui du méthanol aux USA) n'a aucun impact dans notre étude. Il n'est mentionné qu'à titre documentaire, par le fait qu'il nous semble moins connu.

Il est élaboré à partir de méthane. $\text{CH}_4 + \text{O}_2$ est converti, en présence d'un catalyseur en CO et H_2 . Puis toujours avec l'usage de catalyseurs appropriés, on réalise une fabrication de méthanol et de DME. Le prix de revient serait voisin de celui d'un bon gazole, avec un baril à moins de 22 \$.

Ce produit de synthèse, $\text{CH}_3\text{-O-CH}_3$ présente les caractéristiques attractives suivantes :

- Des dégagements de CO_2 sensiblement identiques au gazole. (hors fabrication)
- Il est biodégradable.
- Il serait non mutagène, non toxique, non cancérigène.
- Il ne renferme pas de soufre.

- Il n'y a pas de liaison directe carbone-carbone, un moindre risque de formation de fumées.
- Il autorise de forts taux de recirculation des gaz d'échappement.
- Il conduit à de faibles émissions de NOx et particules.

Il présente toutefois des points importants justifiables de réserves :

- Il présente une très faible viscosité, sensiblement 10 fois plus faible que celle du gazole. Ce carburant n'a pas de réel pouvoir lubrifiant.
- C'est un puissant solvant des polymères et élastomères.
- Son module d'élasticité est réduit, il s'agit d'un fluide compressible.
- Son pouvoir calorifique est faible, 28,8Mj/kg contre 42,7 pour le gazole.
- Sa masse volumique est faible 667 kg/m³ contre 835 pour un gazole.
- Les fabrications sont modestes : 1 / 10 000 de celles du gazole.
-

Le DME ne nous semble pas justifiable d'attention dans notre étude.

g) L'hydrogène et la pile à combustible.

L'hydrogène ne peut être une énergie comme le pétrole. Ce pourrait être un vecteur énergétique. L'hydrogène n'est pas une source d'énergie primaire. Sur terre cette molécule n'est pas disponible directement, il faut l'extraire d'autres molécules composées, comme l'eau ou des hydrocarbures, et ce, à l'aide d'une source d'énergie. Ce n'est qu'à cette condition que l'on peut l'utiliser comme vecteur énergétique.

On pourrait faire un parallèle avec l'eau . Sous forme de vapeur surchauffée et à haute pression, l'eau fait tourner des turboalternateurs dans certaines centrales thermiques ou nucléaires. Il fallait la chauffer.

Il faut donc une filière de production et de distribution de l'hydrogène.

Cet hydrogène constitue une énergie idéale pour contribuer au développement des motorisations du transport électrique futur, en couplage avec le développement des piles à combustible.

La voiture hybride décolle au Japon et en Californie du fait de la présence japonaise, tandis que l'Europe est en retrait, n'ayant pas focalisée ses potentiels sur les véhicules hybrides.

Les recherches se poursuivent dans le domaine de la pile à combustible, avec des percées comme la dernière innovation de Honda qui disposerait maintenant d'une pile de travail capable de fonctionner au froid (-20°C) et démarrerait en 10 secondes aux températures normales.

Le gouvernement américain, par le biais du secrétaire à l'énergie, M. Spencer Abraham, a débloqué 350 millions de US \$ de fonds publics pour aider la recherche dans ce domaine. A cette somme s'ajouteront 225 millions provenant du secteur privé permettant la réalisation de prototypes démonstrateurs, nous dit-on.

Personne ne semble imaginer une pile de puissance assurant la motricité d'un camion avant plusieurs dizaines d'années, tandis que des piles aux performances plus modestes semblent crédibles auprès de nombreuses entreprises. Dans ce cadre un **APU**, Auxiliary Power Unit, est une pile à

combustible susceptible d'assurer la commande des divers auxiliaires utilisés dans une automobile ou un camion. Ces piles "auxiliaires" sont, nous semble-t-il, dès maintenant à retenir dans les programmes de recherche, ce

que nous suggérons dans le cadre des motorisations thermiques à travailler dans un cheminement constructif vers le véhicule électrique du futur, pour l'APU lui-même ainsi que pour l'étude de la gestion de l'énergie embarquée. L'alimentation de ces piles pourrait - en l'absence d'une fourniture libre d'hydrogène - être assurée par des reformeurs, pour lesquels les travaux de R&D sont certainement très judicieux.

Qu'il nous soit permis de souligner une simple interrogation essentielle quant au développement des piles de puissance : Pourrions nous avoir un ordre de grandeur de bon sens quant au rendement imaginable d'une pile intégrant ses auxiliaires et fonctionnant au dixième, au quart ou à mi-puissance ?

Quelle que soit la réponse à cette interrogation, les points durs relatifs au développement de la filière hydrogène sont sans doute à travailler, production, distribution, stockage, sachant que les motorisations thermiques connues sont aptes à fonctionner avec cette énergie, une démarche engagée par le constructeur allemand BMW.

En conclusion, il ne nous a pas semblé judicieux de soutenir une démarche spécifique à l'hydrogène pour le camion du futur, alors qu'il nous semble approprié de suggérer des recherches dans le domaine combiné des APU, des reformeurs et calculateurs ou unités de gestion de l'énergie.

h) Hydrogène carboné.

Tirer la quintessence de la biomasse ne pourra que satisfaire une petite fraction des besoins mondiaux, remarque qui conduit certaines entreprises à imaginer des créations chimiques de produits de synthèse, aux formulations bien définies pour les besoins à satisfaire, à partir de carbone et d'hydrogène. Là encore si l'on peut imaginer une séquestration de CO₂, de carbone, il faudra produire de l'hydrogène, en grandes quantités.

L'heure n'est pas, là aussi, à la considération de tels produits dans notre étude.

3.5 - Le bruit du camion.

La bruyance est un réel fléau social, probablement justifiable de mesures un peu strictes pour une réelle application des règles existantes, le respect des dispositions demandées, dispositions qui n'ont aucune valeur en absence de contrôles. Là se situe probablement une première étape qui serait socialement très appréciée.

Pour progresser significativement dans ce domaine il nous semble que des changements doivent être travaillés, préparés, et que de nouvelles règles pourraient être demandées, et appliquées.

Les sources majeures sont connues : moteur, transmission, pneumatiques, revêtement des voies, puis l'aérodynamique, affectant en premier les

camions, camionnettes, bus, BOM et autres engins en usage urbain et suburbain. Il nous semble dans cette étude sur le camion du futur qu'il faille être ambitieux sur cet objectif, un enjeu social dominant.

On peut imaginer une sévèrisation sur les points les plus saillants dans le contexte actuel mais est-ce une approche suffisante ?

L'entrée dans une ville d'un engin roulant quelconque ne devrait-il pas être assujéti au respect des émissions demandées, qu'elles soient gazeuses (HC,

CO, NOx..) solides (les particules et fumées noires) ou sonores ? Nous pronons ce type d'orientation, basé sur la sensibilité humaine et l'usage des meilleures technologies disponibles.

Que fait-on dans le domaine des émissions gazeuses ? La règle demandée ne consiste pas à être bon à la livraison d'un véhicule neuf, mais elle implique un effort réel pour être correct en service. Les capteurs / détecteurs et les moyens électroniques actuels puissants apportent des informations, ils corrigent le cas échéant voire imposent la correction en limitant les performances normales du produit, en le paralysant parfois si les corrections attendues ne sont pas assurées.

Dans le cas des émissions sonores il nous semble bon de suggérer une approche volontariste si l'on voulait une transformation de l'image des produits.

En l'absence de règles nouvelles on peut ou pourrait craindre, pour les nouvelles générations de produits, et avant 2010, une aggravation des émissions sonores - moteur et transmissions - découlant de pressions de combustion qui vont logiquement s'accroître.

L'orientation déjà mentionnée d'une limitation "à vie" du bruit émis nous semble possible avec des détections de surfaces vibrantes et émettrices, à l'image de ce que l'on fait en détection automatique de cliquetis sur les moteurs à essence, en agissant sur l'unité de contrôle du moteur pour une correction électronique à la source. **L'usage d'un limiteur "actif" nous semble ainsi à suggérer, solution qui pourrait être reconduite aux utilitaires de moins de 3,5 tonnes.**

Mais ceci ne fait pas tout et nous n'avons pas de suggestion à faire pour ce qui concerne le couple pneumatiques - revêtement routier, sachant qu'il ne peut être négligé compte tenu de son importance.

3.6 – NTIC et assistances diverses.

Ce domaine regroupe de très multiples facettes qui débordent largement de notre étude relative spécifiquement au camion du futur : la circulation étendue des multiples informations dans tous les domaines, la communication également dans toutes ses approches, dans un maillage considérable et à dimension mondiale, c'est encore une assistance pour de multiples fonctions comme du guidage pour la conduite elle-même ou pour l'engagement de services, pour l'amélioration de la performance de la

logistique dans le transport, c'est encore l'exploitation des potentiels des systèmes GPS ou Galiléo, l'engagement d'une dynamique nouvelle dans le domaine de la sécurité, etc. On imagine bien que ce sujet est de dimension considérable et qu'il prendra une dimension immédiate dès lors qu'il apportera des fonctions utiles à des coups supportables.

Ce domaine touchera presque tous les secteurs du transport et le monde du camion exploitera ces technologies nouvelles au fur et à mesure de leur industrialisation.

Il s'agit d'un thème en lui-même, non spécifique au camion du futur, même si celui-ci en exploitera logiquement toutes les potentialités.

3.7 – Quelques points de vue.

3.7.1 - La modestie des efforts engagés nationaux et européens, dans le domaine de la recherche, pour le transport routier, malgré la pertinence et richesse des programmes actuels dans le PREDIT.

Les actions conduites sont très multiples et couvrent de nombreux domaines fondamentaux. Nous retrouvons bien quelques points affectant le monde du camion, mais globalement nous regrettons l'absence d'un programme dédié "camion" susceptible de conduire à une transformation utile des concepts actuels, pour aider à satisfaire les attentes, corriger certaines faiblesses reconnues, conduire une transformation des concepts pour les besoins de demain.

Les actions du groupe opérationnel 8 du PREDIT 3 focalisées sur les véhicules propres et économes ne nous semblent pas contenir les objectifs ambitieux nécessaires à la génération de concepts nouveaux économiques, ou alors seulement très partiellement.

La visite faite à la Commission le 1.04.04 sur le thème du camion du futur conduisait à un même jugement, d'insuffisance, une prise en compte de quelques programmes relatifs à du court terme, une absence de plan ou d'objectifs réfléchis, une absence de considération de la transformation à conduire.

3.7.2 -Hétérogénéité des règles européennes.

Cet aspect est connu de tous mais justifie peut-être d'être rappelé. Par règles nous entendons :

- Celles relatives aux **hommes** intervenants dans le transport routier par camion, du conducteur aux intervenants de la filière, afin de pouvoir engager progressivement une harmonisation des diverses servitudes, incluant les horaires des chauffeurs et la sécurité. Une charte du chauffeur-routier européen serait -t-elle opportune, possible ?
- Celles relatives aux aspects **techniques des conceptions** des camions, afin de conduire progressivement une harmonisation des contraintes, de chaque côté du Rhin.
- Celles relatives au **prix** de l'énergie et aux **charges** des entreprises, grandes ou petites.
- Celles pouvant conduire aux **contrôles sans lesquels les réglementations sont un peu illusoirs** : vérifier les charges sur les essieux, les qualités des pneumatiques, adopter ou imposer des

"mouchards" électroniques non falsifiables. Progresser dans la localisation précise des camions en usage, etc.

- Une harmonisation des dispositions relatives aux **conditions du transport routier de marchandises** semble souhaitée par les professionnels.

3.7.3 – Recherche et retombées potentielles.

La recherche est communément conduite dans des champs porteurs de retombées étendues. Il devrait, probablement, en être de même pour le camion du futur. Les orientations que nous avons retenues portent non sur des niches mais sur des concepts à larges dimensions économiques. Nous avons dans cet esprit recherché une prévision des volumes de ventes de camions en Europe. La vision, trop partielle, qui nous a été communiquée ne couvre pas une période suffisante, se bornant à une approche pour les 10 prochaines années, elle est en outre découpée en tranches de tonnages variables, collées aux situations industrielles des constructeurs.

Enfin le découpage dans la tranche frontière entre les véhicules utilitaires et les petits véhicules industriels est déformée par la dimension considérable des productions d'utilitaires, dérivés de l'automobile. Les orientations que nous formulons sont toutes situées dans des plages à perspectives haussières.

- La première plage couvre une fraction des VUL, N1 classe 3, entre 2,8 et 3,5 tonnes, et les petits camions, véhicules à chassis et en technique de propulsion allant de 2,8 à 4,5 tonnes. Les productions en Europe dans ce champ 2,8 t à 4,5 tonnes, pourraient en 2012, avoisiner 500 000 vh/an.
- La seconde plage couvre le champ allant de 9 à 18 tonnes de PTR, avec une extension spécifique aux BOM allant jusqu'à 26 tonnes. Les productions pourraient avoisiner 45 000 vh.
- La troisième plage est celle plus centrale des camions allant de 16 / 18 à 36 / 40 tonnes, transports et chantiers divers, grands rouleurs de 40 tonnes non inclus.
- La quatrième est celle des 40 à 44 tonnes, incluant notamment tous les grands rouleurs de 40 tonnes.
- La seule niche, inexistante, évoquée est celle des camions de 60 tonnes, si l'on veut imaginer une implication des concepts sur la congestion sur certains parcours très chargés et sur l'énergie consommée.

4 – REFLEXIONS, CONCEPTS-CIBLES, amorce de cahiers des charges.

4. 1. Considération des productions européennes. Attentes.

1 - En bas de gamme

Il faut revenir sur nos remarques précédentes relatives à des concepts futurs innovants, non pour bousculer les orientations industrielles actuelles mais pour

réellement prendre en considération les attentes sociales, les enjeux environnementaux dans les domaines de la sécurité, du bruit, des émissions gazeuses, de l'énergie consommée, des émissions affectant l'effet de serre. Nous avons souligné en particulier l'opportunité de conceptions dédiées, spécifiques, bien couplées aux divers besoins du transport.

On ressent bien, avec le petit camion le rapprochement naturel qui existe entre les divers modes, depuis le coursier en moto, tri ou quadriporteur, les petites camionnettes, les véhicules utilitaires de moins de 3,5 tonnes, réalisant de petits kilométrages, puis les petits camions de toutes natures circulant communément dans les zones urbaines. Le progrès est attendu dans tous ces modes, comme il l'est dans le cas des véhicules industriels dans toutes les familles produites.

2 - En milieu et haut de gamme

Faire rouler un camion de 40 tonnes de PTRÀ à 80km/h demande seulement 87 ch (≈ 65 kW) lorsqu'il est à vide, soit une masse voisine de 14 tonnes.

Le besoin n'est que de 137 ch (≈ 100 kW) pour un PTRÀ de 40 tonnes, à cette même vitesse. **Ces chiffres conduisent à réfléchir pour une conception particulièrement économique aux basses puissances utiles.**

Les puissances s'envolent dès que l'on aborde une pente.

Besoin de puissance	Vitesse : 80 km / h Roulage sur sol horizontal	Vitesse : 60 km /h Rampe : 3 %	En Rampe de 6 %
A vide (14 t.)	87 ch (≈ 65 kW)		Avec 350 ch : 80km/h
PTRÀ : 40 tonnes	136 ch (≈ 100 kW)	375 ch (≈ 275 kW)	V. max: 33 28 en 44 tonnes

Des valeurs de 700 à 800 ch ne se justifient probablement pas, d'autant plus que de bonnes dispositions ont été adoptées pour la réalisations de voies latérales complémentaires pour des roulages à des vitesses réduites. Les puissances actuelles, voisines de 400 à 480 ch, ne devraient pas grimper pour ces produits.

Les consommations de 2 camions identiques de 40 tonnes, l'un étant avec une puissance disponible de 350 ch, l'autre avec une puissance de 450 ch, sont très voisines, les écarts n'étant que de l'ordre de 0 à 1 %, avec des conduites économiques.

Une surcharge de 10 % (véhicule de 44 tonnes) avec ces 2 mêmes motorisations de 350 et 450 ch, et avec des conduites performantes - performantes en temps de parcours - traduit une surconsommation voisine de 7 % avec la version 450 ch. La plus forte puissance est effectivement exploitée. Ce risque nous conduit à privilégier une recherche de **motorisations justement adaptées**, sans excès.

La considération des temps de reprises, comme par exemple le temps pour passer d'une vitesse de 70 à 90 km/h ne justifie pas non plus, de notre point de vue, une dérive des puissances, même si bien évidemment une surpuissance améliore les situations :

V.I. lourd de 40 tonnes	Moteur de :	Temps et distance pour passer de 70 à 90 km/h	
	420 ch.	36 secondes	800 mètres
	520 ch	26 secondes	590 m.

Le besoin à retenir nous semble ainsi devoir rester proche de la situation présente, avec des valeurs maxi pouvant avoisiner 450 ch.

Et cependant il faut rechercher une amélioration notamment en énergie dépensée, en CO². Nous indiquons ci-dessus qu'il suffisait de 100 kW pour rouler, avec 40 tonnes, à 80 km/h, en l'absence de déclivité ! Ceci n'est pas exploité actuellement dans le monde.

Le couplage de ces considérations conduit, semble-t-il, à imaginer des actions de recherche précises sur des domaines forts, impliquant des coopérations entre des industriels, des laboratoires, un ou deux centres de compétence en modélisation, les structures de recherche pouvant être concernées, nationales ou européennes, c'est dire impliquant la création de quelques carrefours coopératifs de recherche, de manière harmonisée avec le PREDIT.

De telles actions de recherche nous semblent des actes clés pour la transformation constructive du transport routier.

4.2 . Des concepts clés justifiables de plans de recherche.

Nous suggérons les contextes majeurs suivants :

- le camion urbain totalement électrique.
- le petit camion urbain et suburbain hybride de 2,8 à 4,5 tonnes
- le camion hybride de 9 à 16/18 tonnes
- le camion de 20 tonnes avec une incertitude Diesel ou diesel / électrique.
- le camion grand rouleur de 40 tonnes économe.
- une réflexion particulière au sujet du camion de 60 tonnes.
- Quelques points spécifiques.

4.2.1 – Le camion urbain électrique.

Nous considérons là le camion urbain réalisant un faible kilométrage quotidien, n'utilisant pas de moteur thermique, exploitant les meilleures technologies disponible, considérant les batteries actuellement travaillées, aux résultats actuels encourageants, associées à des moteurs électriques, positionnés par exemple dans les roues motrices. Un concept à hauteur de plancher réduite pourrait utilement être étudié. Des pneumatiques économes en énergie pourraient être

recherchés. Une bonne gestion de l'énergie consommée pourrait en outre conduire à l'établissement de frontières en accélérations. La réflexion sur cette conception pourrait être envisagée pour 2 produits, le petit véhicule voisin de 3,5 à 4,5 tonnes, également pour le camion de livraison de 12 / 16 tonnes.

4.2.2 – Le camion urbain et suburbain hybride de 4 / 4,5 tonnes.

Nous imaginons dans ce cas une étude portant sur le camion de 3,5 à 4,5 tonnes. Une modélisation serait à faire pour étudier le partage entre les 2 énergies électriques et thermiques, une autre pour situer les avantages relatifs d'un petit moteur thermique essence ou Diesel, intégrant leurs données économiques.

Il nous semble, compte tenu des petites distances réalisées par un grand nombre de ces véhicules et dans des zones urbanisées, qu'il pourrait être envisagé une large diffusion de cette technologie. Il pourrait être constructif d'avoir dans un tel projet des exigences sonores ambitieuses.

Une analyse complémentaire technico-économique comparative pourrait être suggérée pour 1 seul essieu moteur, impliquant alors le maintien

d'un arbre de transmission jusqu'aux roues arrières motrices, comparativement à 2 essieux moteur, le petit moteur thermique étant couplé aux roues avant motrices, la puissance électrique étant assurée directement au droit des 2 roues arrières.

Un tel projet se rapproche de la technologie des véhicules utilitaires émanant de l'industrie automobile.

Une réflexion quant au camion électrique d'une dizaine de tonnes pourrait ensuite être envisagé selon le marché alors ressenti

4.2.3 - Le camion hybride de 10 à 20 tonnes.

Comme dans le cas précédent quelques calculs et modélisations seraient à entreprendre dans le même esprit, avec les mêmes interrogations, toujours en considérant l'utilisation éventuelle d'un moteur thermique directement dérivé de l'automobile.

Il nous semble justifiable de considérer un projet spécifique dissocié du projet précédent, du fait des masses et volumes d'un réel camion et non d'un utilitaire. Les retombées d'une telle recherche pourraient de notre point de vue s'étendre aux tonnages allant jusqu'à une vingtaine de tonnes.

4.2.4 - Le camion Diesel de gamme centrale, d'une vingtaine de tonnes, peut-être en motorisation Diesel - électrique

Nous suggérons un programme de recherche d'innovation en raison de la croissance envisagée des volumes en Europe, et aussi des productions en France de Volvo – RVI. Le moteur de référence est un Diesel 6 cylindres, en ligne.

Dans ce programme **nous proposons d'intégrer une étude comparative par modélisation**, ayant pour objectif d'aider à sélectionner la solution la plus performante en énergie et émissions de gaz à effet de serre, en considérant 4 cas de figure :

a) Un équipement Diesel – électrique : un seul moteur Diesel conduisant une génératrice, alimentant à son tour des moteurs électriques de puissance, moteurs roues sur l'essieu arrière.

b) Un équipement Diesel – électrique, différentié du contexte précédent par **l'emploi de 2 petits moteurs thermiques** l'un étant toujours en service, le second n'étant engagé que sur demande d'une plus grande puissance. Ces 2 moteurs sont couplés à l'unique générateur alimentant les moteurs électriques.

c) Un équipement Diesel traditionnel couplé à une boîte mécanique classique, avec sa transmission conventionnelle. (référence nécessaire).

d) Une étude complémentaire au cas ci-dessus, en exploitant, chaque fois que faire se peut, **la désactivation de 1 ou 2 cylindres**, sans induire d'améliorations quant aux performances du moteur (couple, puissance, consommation) afin de juger des effets de la seule désactivation, tous autres paramètres inchangés.

Il est certain, de notre point de vue, que la motorisation Diesel est susceptible d'innovations, de grands progrès dans le futur, mais dans le souci d'être constructif et économe il est peut-être judicieux de ne pas envisager une amélioration majeure du moteur thermique dans cette étude, et de la conduire dans le programme du camion grand rouleur de 40 tonnes.

La suite de cette proposition 4.2.4 pourrait être, en fonction des résultats obtenus avec le programme de modélisation suggérée, la réalisation d'un ou 2 démonstrateurs dans l'hypothèse d'un résultat encourageant dans la technique Diesel-électrique, peut-être également dans le contexte de la désactivation.

4.2.5 – Le camion grand rouleur de 40 tonnes et son nouveau Diesel.

Il n'est d'autre solution pensable que la motorisation Diesel à considérer pour les 20 ou 30 prochaines années, nous semble-t-il.

Il faut envisager, pour le camion grand rouleur, un groupe motopropulseur comportant en premier élément de la chaîne motrice **un Diesel nouveau, n'existant pas actuellement au monde**, très évolué par rapport aux motorisations connues en 2004.

On peut / doit imaginer un groupe motopropulseur DIESEL du futur tirant la quintessence thermodynamique de combustions très évoluées, technologies qui pourraient s'envisager dans 8/10/12 années. Ce moteur serait, de notre point de vue, à nombre de cylindres utiles variables, à commandes de soupapes électro-magnéto-hydrauliques, à rapport de compression variable (pour le rendement), avec un plan de cylindres décalé par rapport vilebrequin, avec une récupération partielle des pertes thermiques des échappements, avec une amélioration de toutes les combustions par l'usage de capteurs de pressions dans les chambres, et fonctionnant largement avec des "combustions froides" (avec de très basses émissions de NOx et particules), des injections "Common Rail" à 2000 ou 2500 bars, des pressions de combustions avoisinant 220 bars, etc.

Nous mentionnions au § 3.3.2 :

"Le pied du conducteur ne donnera pas d'ordre physique à son groupe motopropulseur, il indiquera seulement, du pied droit, la performance instantanément attendue : le calculateur, devenu complexe décidera et pilotera les éléments de la chaîne pour satisfaire la demande au mieux sans sacrifier ce qui ne doit pas l'être : consommation minimum, rapport de boîte le plus favorable en énergie comme en bruit, intégration des dispositions à respecter pour des émissions réduites, pour un seuil de bruit respecté, intégration des critères émanant de l'unité de gestion de la thermique, de l'unité de gestion de l'énergie, il décidera et ordonnera des consignes impératives relatives à la sécurité, comme une fourniture ou un arrêt de puissance, un engagement de freinage d'urgence par le groupe motopropulseur, une modulation des puissances motrices ou de freinage au droit de chaque roue, pour très fortement réduire les renversement ou mises en portefeuille, etc."

Nous sommes persuadés, sans prétention déraisonnable, que là se situe le meilleur potentiel en énergie consommée et CO₂, compte-tenu des rendements possibles, en considérant bien toutes les conditions de charge, en associant au moteur thermique une transmission pilotée électroniquement et attentivement choisie, pour n'avoir que de très faibles pertes énergétiques. Le gain en énergie consommée pour un camion futur de 40 tonnes bien travaillé devrait avoisiner 15 % du fait du groupe motopropulseur seul.

Bien évidemment un couplage complémentaire doit être envisagé avec une proposition d'amélioration du coefficient aérodynamique du camion, une nouvelle monte de pneumatiques, une action sur la masse à vide. (Voir § 4.2.7 et Fiche N° 5 en fin de dossier).

4.2.6 – Le routier de 60 tonnes.

Un double objectif de réduction du nombre de camions sur certains itinéraires très chargés et de l'énergie dépensée.

Il ne s'agit pas de voir dans cette suggestion un sujet magistral devant inquiéter une population. Ce projet possible se doit d'être de

dimension limitée et ne pas impliquer de dépense significative pour être validé, avant d'engager une recherche qui ne pourrait être précisée qu'après une pré-expérience simple et limitée.

Les concepts précédents ne sont pas à une échelle modeste, ils couvrent de réels besoins pour des volumes importants, touchant une forte dimension économique en France, à implication sur l'énergie et l'effet de serre.

Le véhicule lourd de 60 tonnes ne doit être imaginé que comme un produit marginal, capable. Son usage n'est à envisager que sur quelques axes parfaitement définis et limités. De multiples mesures pourraient peut-être le rendre aussi ou plus rassurant que le produit actuel de 40 tonnes. Son engagement repose plus sur une considération des avantages qu'il pourrait apporter sur des axes très chargés, et il faudrait au préalable envisager et prendre quelques mesures ou dispositions sécuritaires, en commençant par une sélection de conducteurs responsabilisés.

Nous avons appris, avec MICHELIN, que de larges études prudentes avaient déjà été réalisées conduisant à une suggestion pour une expérimentation limitée en première phase à quelques 2, 3 ou 5 camions.

Nous vous proposons une brève conférence Michelin à la DRAST sur ce sujet qui a été remarquablement analysé dans cette entreprise. Tous les constructeurs de camions disposent de moteurs développant des performances suffisantes pour une expérimentation sans qu'il soit nécessaire de dépenser.

La Hollande, après la Suède, a décidé un tel programme avec quelques camions actuellement en service.

Si un programme de recherche devait être entrepris sur cette conception, il nous semble qu'il ne faudrait en décider qu'après la réalisation d'une expérimentation de base réellement non onéreuse..

Rappelons que ces camions lourds seraient remarquablement bien placés en CO₂ et pourraient contribuer partiellement à atténuer les congestions sur les corridors retenus.

4.2.7. Des améliorations complémentaires : bruit, sécurité, efficacité énergétique (récupération de pertes, aérodynamique, masse du camion).

Il s'agit de points complémentaires, non retenus directement dans l'esprit des programmes précédents.

Le traitement du bruit, limité par le camion lui-même, qu'il soit neuf ou ancien, en est un exemple, prioritairement pour tous les produits exploités en zones urbaines.

La sécurité. Il nous semble que des validations ou homologations nouvelles pourraient être recherchées, dans le domaine de la sécurité

active, de l'assise au sol des camions. Une exploitation étendue des potentiels apportés par l'électronique contribuerait fortement à un réel progrès en sécurité.

Il nous est indiqué que l'on peut actuellement éviter presque totalement les retournements ou les mises portefeuille !

Nous pensons voir 2 approches bien constructives, la première consistant à lancer l'emploi (ou l'étendre) de bonnes technologies disponibles, le second à définir quelques procédures de validation de la performance des camions en sécurité active.

Une structure neutre, professionnelle, ce qui existe en France avec l'UTAC, une telle plateforme de qualification et contrôle pourrait contribuer au développement de tests de référence.

Cet organisme est parfaitement connu de Monsieur Bernard Gauvin. Les installations techniques pertinentes, sont à la hauteur des enjeux.

Une récupération d'énergie perdue dans les échappements par exemple à partir de petites **turbines**.(point mentionné en 333.2.) ou **turbocompresseurs "électrifiés"** en vue de rechercher une récupération partielle de l'énergie perdue dans les échappements. Autre hypothèse, en exploitant de **nouveaux matériaux** et réalisant un gain sur la performance moteur et la suralimentation, en association avec un gain de poids.

L'aérodynamique du camion grand rouleur pourrait/devrait être améliorée. Elle pourrait faire gagner quelques 5, 6, 7% en CO₂ dégagé. Ceci ne peut être négligé, et figure dans le programme US relatif au "Camion du XXI ième siècle", avec des objectifs ambitieux. Nous proposons d'ambitionner un Cx de 0,50 au lieu de 0,65, valeur évoquée pour de nombreux camions actuels.

Le camion "profilé", présentant un meilleur coefficient de pénétration dans l'air est un axe de travail utile en énergie, dans le cas de véhicules lourds et réalisant de longs kilométrages. C'est dans ce produit spécifique que nous proposons un recherche

La masse du camion pourrait-elle être réduite ?

Ceci est certainement un problème très difficile, et ne peut, il nous semble, être abordé en recherche collective au niveau d'un produit complet. Il est assurément de la responsabilité du constructeur de camion. Les recherches collectives peuvent s'engager, se poursuivre sur les matériaux eux-mêmes, en dehors des applications. Et cependant un gain important, peut-être utopique, est envisagé dans ce domaine dans le programme US, (objectif de réduction de masse de 15 %) mais nous ne savons pas si la situation actuelle des camions américains en masse est voisine de celle des produits européens.

Certains spécialistes en camions considèrent qu'un gain de 7 à 8 % sur la masse à vide conduirait à un gain potentiel voisin de 3,5% sur la

consommation. Un chiffre important, bien évidemment très dépendant de l'usage du camion.

Le matériau et la masse sont des éléments majeurs et il serait déraisonnable de ne pas envisager une réflexion de fond pour une approche réellement constructive. Nous pensons aux technologies nouvelles, aux matériaux composites, pour lesquels nous avons quelques orientations de grand intérêt. Actuellement les tissus en fibres de carbones, de verre ou à structures à base de silice sont encore trop chers, par contre on imagine bien que des revêtements ou imprégnations peuvent être économiques. Le bilan de notre point de vue est à très fort potentiel.**

Ces matériaux du futur sont réellement à considérer maintenant. Notre remarque n'est donc pas spécifique au "camion du futur" mais elle l'englobe. Nous suggérons une réflexion sur ce sujet.

* Le Cx d'une bonne automobile est voisin de 0,30 - Les meilleurs niveaux industriels se trouvent avec Toyota sur la Prius et Honda avec sa CIVIC IMA. qui ont des Cx voisins de 0,26.

** Imagineriez vous, lecteur attentif, une galerie de secours "froide", un couloir d'évacuation collé à un tunnel en feu dans lequel il y aurait des températures atteignant 500 à 700°, destructrices des bétons actuels ?

Imagineriez vous le collecteur d'échappement des camions Diesel du futur qui ne soit plus en métal et qui conduirait sans perte de chaleur toute l'énergie de l'échappement sur la turbine du turbocompresseur avec une forte réduction de poids, avec un composite de moins de 2 mm d'épaisseur plus facile à travailler que du métal et beaucoup moins lourd ? Cela est possible, de manière vraisemblablement économique, avec du travail, à notre connaissance.

CAMION DU FUTUR.

PROPOSITIONS

FICHES DE RECHERCHE

PRE-FICHE

1 - Le problème mondial de l'énergie.

La dimension de ce problème capital commence à être connue de tous, chacun pensant bien à des alternatives au pétrole, sans toujours bien mesurer la dimension à venir dans les approvisionnements et productions d'énergie. L'Europe évoque bien des orientations opportunes, pour des programmes à relatif court terme mais sans embrasser le problème dans sa réelle dimension mondiale. Certains secteurs retiennent ce paramètre prioritairement et nous apercevons quelques encouragements, à la dimension du besoin.

- **Le programme national de recherche US pour le "Camion du XXI^{ème} siècle"** nous semble judicieux, sans être complet, et susceptible de pouvoir contribuer à une transformation encourageante dans le domaine de l'énergie pour le transport routier US du fait des volontés sous-jacentes à son établissement et des aides financières décidées :

- ⇒ Faire passer le rendement énergétique global de **42 à 50 % puis à 55 %** vers 2012.
- ⇒ Envisager des productions de camions hybrides susceptibles de gains énergétiques de **60 %** en usages urbains.
- ⇒ Envisager de fortes améliorations du coefficient de pénétration dans l'air du camion grand rouleur, le **Cx passant de 0,65** (ou 0.625 selon certains documents) **à 0.50**.
- ⇒ Envisager une réduction des masses à vide du camion du futur de **15 %**.
- ⇒ **Etc.**
- ⇒

Notre attention est aussi retenue par l'exemple suivant :

L'avionneur Boeing promet de substantiels progrès pour son futur avion de ligne gros porteur E7E devant circuler à Mach 0,85 :

- ⇒ Une **réduction de la consommation de carburant de 20 %** par actions sur les moteurs (Rolls-Royce, Pratt & Whitney ou General Electric), par l'adoption de nouveaux matériaux, **la moitié de la masse de ce futur E7E étant constituée de matériaux composites**, 20 % d'alliages d'aluminium, de **nouveaux matériaux** pour de hautes températures, un usage accentué de titane, par une réduction de la traînée aérodynamique de 3 à 4 %.

2 - Le contexte particulier du pétrole.

a) La surpopulation mondiale. La menace mondiale la plus lourde est certainement celle de la population : 1 milliard d'individus en 1800, plus de 6 milliards en 2004, une explosion démographique accompagnée d'une explosion de transformations et besoins. Il est un certain gaspillage énergétique mondial certes, une consommation hétérogène allant de l'insuffisance au trop de confort, mais le problème présent essentiel est probablement celui du "masque ou mensonge collectif" entourant la surpopulation, une situation qui ne peut qu'empirer. Les besoins de l'Orient touchent presque tous les matériaux, conduisant à une **dérive mondiale des prix des matières premières** du monde et à **une dérive des besoins et prix de l'énergie**. Nous avons vécu avec une énergie abondante et peu coûteuse et la production mondiale est passée de 0,20 litre de pétrole par personne et par jour en 1920 à 1 en 1960 puis à 1,8 en 2000 (Physics Today-07/2004).

En 2004, la modeste croissance de la production pétrolière n'est pas suffisante pour suivre la demande et assurer les stocks et réserves régulatrices.

Les industriels de Chine sont ainsi conduits à développer de multiples centrales à charbon capables d'assurer une part significative de leurs besoins, sans considération de l'effet de serre ou de l'excès de CO₂ dans les océans. (Ceci en réaction aux arrêts d'alimentation en énergie électrique, arrêts imposés 1 puis ou 2 ou 3 jours par semaine, dans certaines régions industrielles chinoises, de jour puis jour et nuit).

b) Le marché mondial pétrolier. Il est de 80 millions de barils de pétrole par jour ; la marge de souplesse complémentaire n'est que de 1 million de barils d'un pétrole lourd peu attractif, nous précise M. Olivier Appert, président de l'IFP (Les Echos du 4/08/04).

c) Le prix du baril. Nous avons mentionné précédemment que certaines études prospectives, dans de grandes entreprises européennes, incluaient un scénario avec un pétrole à 100 US \$ /baril.

Consommer moins ne peut constituer le paramètre efficace, consommer beaucoup moins ne peut s'imaginer qu'avec une forte augmentation du prix de cette énergie, affectant tous les domaines de la vie.

Notre étude et nos suggestions sont marquées par des objectifs ambitieux pour si possible un saut dans le futur, distant du progrès continu des entreprises.

FICHE N° 1.

CAMION URBAIN ELECTRIQUE

1 - Contexte.

Les travaux engagés dans le domaine des batteries semblent se poursuivre de manière sérieuse, et traduire dès maintenant des progrès significatifs, en poids, en performances, en encombrements, plus modestement en prix, mais il n'est pas encore de production industrielle.

M. Barsacq, de la SAFT a souligné lors de la conférence "Alternatives Energétiques" tenue à Poitiers les 7 et 8 avril 2004, des résultats encourageants dans la technologie lithium-ion. Les recherches sont conduites simultanément avec les études de process industriels. Des architectures de batteries cylindriques économiques seraient en développement, tandis que l'entreprise poursuit ces travaux dans 2 unités, en France à Bordeaux et aux USA, à Baltimore.

Toyota n'a pas retenu cette technologie dans sa dernière Prius 2, l'expliquant par une faible tenue en longue durée et une insuffisance d'expérience, mais la travaillant avec des objectifs industriels.

Renault poursuit ses échanges avec la SAFT dans ce même domaine des batteries lithium-ion.

Ce type de batterie devrait trouver de premières applications moins exigeantes autorisant une progression des expériences et connaissances, par exemple avec de petits convoyeurs électriques ou sur de petits utilitaires dérivés de l'automobile.

Leader mondial des condensateurs, Bolloré a créé une filiale, BATSCAP pour batteries à forte capacité, dont il contrôle 80 % aux côtés d'EDF(20%). La technologie travaillée est basée sur les lithium polymères.

Ainsi les travaux déjà engagés dans ce domaine des batteries nous semblent justifiables d'un suivi attentif.

2- Objectifs correspondants.

- Energie électrique seule.
- silence de fonctionnement.
- absence de polluants à l'usage.
- Les effets de serre et impacts sur la santé ne découlent que de la technologie de production de l'énergie électrique, et non de l'usage de l'énergie consommée par le transport routier.
- Les enjeux dominants, sociaux, environnementaux, urbains,

technologiques, énergétiques, économiques, nous semblent tous devoir bénéficier à terme de l'engagement de la technologie électrique lorsque le problème du stockage de l'énergie aura

progressé. Le développement du camion électrique dépendra de l'autonomie énergétique envisageable dans les prochaines années, dans un contexte technico-économique industriellement et commercialement acceptable.

3- Applications imaginables :

Conçu pour ramasser et distribuer les colis en ville, le petit chariot à 3 roues Chrono-City, en expérimentation à Strasbourg depuis 2002 semble séduire les utilisateurs et clients. L'énergie électrique confirme ici sa pertinence. De multiples véhicules devraient pouvoir bénéficier de cette technologie : le petit véhicule utilitaire urbain dérivé de l'automobile certes mais aussi le camion urbain dans la catégorie des petits tonnages, de 2,8 à 4,5 tonnes de poids total roulant autorisé, lorsque les progrès des batteries seront reconnus.

4 - Suggestion.

1 – Il ne nous semble pas nécessaire d'envisager des recherches collectives soutenues dans ce domaine, à court terme, pour le camion urbain, compte tenu des efforts conduits par les industriels concernés, les fabricants de batteries, efforts qui devraient amener des propositions constructives dans les 3 ou 4 prochaines années.

2 – Il nous semble par contre très souhaitable de maintenir les contacts appropriés et d'assurer un suivi pour s'assurer économiquement de la progression et des résultats de ces recherches, des engagements industriels et des évolutions des caractéristiques des derniers concepts.

Flash : La première voiture électrique date de 1881, le Français Gustave Trouvé ayant eu l'idée d'électrifier le tricycle anglais Coventry-Rotary, tandis que la première voiture électrique au monde, la Jamais Contente, atteignait 100 km/h, le 1er mai 1899, dans les

mains de Camille Jenatzy. Les performances insuffisantes et le prix très élevé des batteries les plus prometteuses constituent toujours un handicap majeur au développement des véhicules électriques. Il nous semble toutefois que les recherches conduites dans le domaine des batteries évoluent très favorablement, de manière suffisamment prometteuse pour que l'on puisse suggérer vraiment une attention particulière au futur camion électrique urbain.

FICHE N° 2.

CAMION HYBRIDE URBAIN DANS LA CATEGORIE 2,8 A 4,5 TONNES.

Hybride parallèle ou hybride parallèle à dérivation de puissance.

1- Contexte.

Le cœur des villes est saturé de véhicules bruyants, polluants et consommants, une situation qui approche d'un vrai divorce entre villes et voitures. Les particules émises sont reconnues comme dangereuses et cependant, alors que de bonnes technologies industrielles existent, et en particulier en France, avec la première usine Ibiden - St-Gobain entièrement dédiée à la production de filtres à particules les équipements de filtration ne sont pas encore demandés, ou imposés en Europe, ni pour les productions de grandes séries ni pour les véhicules urbains. Une transformation des conceptions des véhicules urbains est certainement un réel enjeu dominant.

Avec un véhicule classique la puissance demandée est fournie de manière quasi instantanée par un moteur unique. C'est dire que ce moteur doit satisfaire toutes les demandes en régimes et en charges. Nous imaginons bien les compromis recherchés pour la consommation, le bruit, les émissions, les fumées, tout cela à froid comme à chaud, au niveau de la mer comme en altitude. On conçoit bien l'existence d'excellents points de fonctionnement, aux cotés de points médiocres.

L'hybridation consiste à exploiter un élément complémentaire de stockage d'énergie, voir page suivante, de telle sorte qu'il soit possible d'organiser une gestion de l'énergie demandée et de réduire les émissions nocives. Les technologies très travaillées n'ont pas encore un niveau réellement industriel à l'échelle du besoin, mais **la pertinence de cette filière est démontrée**, en outre capable d'assurer une récupération de certaines pertes énergétiques.

Ces développements imposent une exploitation poussée de calculateurs électroniques "intelligents", une forte intégration de l'électrotechnique, de la mécanique, des combustions et de la thermique d'ensemble. Les batteries doivent être améliorées en performances, capacités, poids, prix, de même en ce

qui concerne les électroniques de puissance. Tout cela devant conduire à un produit vendable, à un juste équilibre prestations / coûts.

Le véhicule hybride, malgré son potentiel, ne s'est donc pas développé.

Quatre éléments dominants font de l'hybridation maintenant une conception nouvelle, attractive, nécessaire :

- les progrès technologiques obtenus, notamment au Japon et là dans le champ de 2 entreprises, Toyota et Honda, avec leur véhicule hybride phare, respectivement Prius ne dégageant que 101 g/km de CO2 en cycle Europe (4,3l/100km) et Civic IMA 115 g/km (4,9l/100), tous deux en technologie essence / électrique.
- La reconnaissance du potentiel de gain voisin de près de 50 % en énergie en utilisation urbaine, dans le contexte hybride / essence.
- l'évolution des exigences en émissions en zones urbaines, gazeuses, solides, sonores.
- l'envolée du prix du pétrole, et le nouveau contexte mondial à énergie onéreuse. Certaines grandes entreprises réalisent des scénarios prospectifs allant jusqu'à **imaginer le baril à 100 \$US !**

Dans ce cadre l'automobile Toyota Prius II constitue un véritable catalyseur industriel, un choc technologique exceptionnel, imposant presque à tous les constructeurs mondiaux de voitures, de véhicules utilitaires et de camions une considération impérative pour cette technologie.

Ce serait une grave erreur de notre part, nous semble-t-il, que de ne pas **suggérer une recherche coopérative importante** pour le développement de camions urbains ou périurbains hybrides.

Le tableau ci-dessous précise les gains potentiels qui, de notre point de vue, pourraient être escomptés, dans le cadre de cette proposition de fiche de recherche, pour le petit camion urbain :

Technologies et performances	Parcours et consommations	Route	Urbain	Global
Référence	Conso moyenne du véhicule / 100km Diesel	13,0 l/100 km	25 l/100 km	100 km.
Technique 2004	Trajets	30 km	70 km	100km
	Consommations	3,9 litres	17,5 litres	21,4 l/100
Hybride	Gains escomptés	0 %	35 %*	
	Nouvelles conso.	3,9 litres	11,4 litres	15,3 l/100km
	Gain global gain en rendement			6,1 litres soit

				28,5 %
Autres gains potentiels	moteurs : lois de cames, déphases de ces lois, frottements, auxiliaires et leur entraînement. Boîtes de vitesse avec gestion électronique des rapports	5 %	2 % (valeur adaptée au Diesel)	
Nouvelles consommations	hybrides + autres gains	gain de 0,20 l. (0,95x3,9=3,7)	gain de 0,2 l. 0,98x11,4=11,2 un gain de 36 %	- 0,4 l/100 14,9 l/100km.
Gain global	sur la consommation			21,4 - 14,9=6,5
	sur le rendement			30,4 %

* 35 % et non 60, car nous sommes d'origine avec une motorisation Diesel.

2- Suggestion.

Cette fiche N° 2 se situe, dans notre proposition, dans la tranche de véhicules utilitaires et industriels allant de 2,8 à 4,5 tonnes. Cette proposition est basée sur la croissance forte de cette tranche qui devrait atteindre une production voisine de 500 000 véhicules par an en Europe en 2012.

Cette plage d'utilitaires couvre donc des produits dérivés de l'automobile, en traction avant, et des concepts de camions légers à usages essentiellement urbains ou périurbains, à châssis et en propulsion.

Les conceptions hybrides sont d'intérêt tant pour PSA Peugeot-Citroën et Renault que pour Renault Trucks, ex RVI.

Les technologies d'hybridation pourraient être voisines ou très similaires, autorisant un rapprochement d'intérêts industriels et économiques pour les entreprises s'engageant dans ces technologies nouvelles.

3- Objectifs.

Au-delà des conceptions "2004", l'objectif devrait traduire des ambitions justifiables d'une recherche constructive, à objectif ensuite industriel.

3.1- Dans le domaine de l'énergie, ainsi que le précise la page précédente, il nous semble possible **d'envisager une réduction des consommations de l'ordre de grandeur de 30 %**, valeur certes dépendante de la congestion du trafic, de la fréquence des arrêts, de la vitesse moyenne. (Ces estimations sont basées sur les résultats d'études de l'INRETS - MM. Badin et Roumégoux, sur les travaux de l'ADEME, sur les consommations de quelques produits actuels incluant les dernières Toyota et Honda hybrides).

Une amélioration complémentaire sur l'ensemble des accessoires consommateurs (assistances de direction, climatisations, pompes hydrauliques, etc.) et sur les adaptations des moteurs et transmissions est à retenir. **Il nous semble raisonnable en combinant ces potentiels, de retenir cet objectif de 30 % pour les véhicules de tonnage allant de 2,8 à 4,5 tonnes.**

3.2-Toujours dans ce domaine de l'énergie, il faut rappeler pour cette tranche de véhicules **l'importance de la masse, et de la congestion**. Nous avons précisé que l'on pouvait retenir que près de 60 % de l'énergie consommée est le fait de ces 2 paramètres. La dimension bien critique de l'énergie consommée dans le transport routier pourrait justifier **un programme complémentaire, portant sur les masses à vide, les pneumatiques, les infrastructures et leur organisation**, pour permettre un écoulement plus régulier ambitionnant des vitesses plus constantes, viser une réduction des variations d'accélération que nous connaissons tous.

3.3-Dans le domaine du bruit on devrait pouvoir ambitionner pour ces véhicules un niveau à l'identique ou très voisin de ce que l'on escompte pour l'automobile. La notion de limite de bruit à vie devrait alors être envisagée, à l'instar de ce que l'on fait en Europe dans le domaine des émissions automobiles où les exigences sont semblables entre bas et hauts de gammes. (Fiche Bruit N° 7)

3.4- Dans le domaine des émissions, il pourrait être recherché un engagement plus rapide des meilleures technologies disponibles ou possibles pour les usages essentiellement urbains, également une forme d'encouragement pour des évolutions souhaitables en matière de santé : la création d'un plan objectif, incitatif à une multiplication de recherches, sans a priori, en technique comme en planning, mais en vue d'applications dans le domaine des transports routiers, des recherches multiples commençant peut-être par une évaluation des réels besoins.

4- Participants envisageables.

Nous imaginons bien une participation des 2 constructeurs automobiles français et de VOLVO-Trucks. La mise à contribution de leurs partenaires actuels pourrait être envisagée, mais il ne nous semblerait pas utopique de faire appel à de petits entrepreneurs, tels GRUAU ou HEULIEZ, plus spécialisés en carrosserie mais qui pourraient apporter leur propre contribution pour des concepts nouveaux prenant bien en compte les services urbains à satisfaire, ou encore Lohr Industrie qui avec sa filiale Translohr semble à fort potentiel en innovations architecturales

Egalement il pourrait être utile de faire appel à des sources nouvelles : l'IFP, en modélisation, aux côtés du groupe IMAGINE, pour la réalisation de calculs scientifiques, visant à éviter les faux-pas et pouvant guider vers d'excellents choix, le groupe ALSTOM ayant l'expérience de la motorisation électrique et de la difficulté des couplages entre les réponses des motorisations thermiques et électriques, le point de vue et les expériences de l'INRIA pourraient être aussi envisagés, en outre un équipementier ayant travaillé le problème de la

gestion de l'énergie pourrait être mis à contribution Valéo, Siemens ou Bosch, ou autre. Il pourrait également être judicieux de faire appel à un fabricant de batteries "avancées" intéressé industriellement par une telle recherche.

5- Application imaginable.

La catégorie des 2,8 à 4,5 tonnes est marquée par une grande variabilité, un nombre considérable de variantes qui ne facilite pas un choix de produit spécifique. Ce monde est parfois découpé en 3 familles : 1-les propriétaires utilisateurs, 2-les gestionnaires de flottes professionnelles, acheteurs non utilisateurs directs, 3-les acheteurs de véhicules transformés, adaptés à un usage très spécifique, à grand volume de déménagement par exemple.

Nous ne savons pas rationnellement dans quel domaine il serait judicieux de se situer pour conduire la recherche la plus utile qui soit, présentant un fort potentiel industriel, une réelle dimension européenne.

Notre orientation pour un hybride dans la catégorie 2,8 à 4,5 tonnes ne s'est faite qu'en retenant les remarques de Renault Trucks. Nous suggérerions volontiers d'en débattre avec M. François Gras, directeur de l'ingénierie des véhicules utilitaires chez Renault, avec M. Philippe Brossette de Renault Trucks (ou M. Bernard Favre), et peut-être quelqu'un de PSA.

FICHE N° 3.

CAMION HYBRIDE URBAIN DE MILIEU DE GAMME. CATEGORIE 9 A 16/18 TONNES

1 - Contexte.

Nous sommes dans le même contexte que dans le cas de la fiche N°2, mais se situant dans le cadre spécifique du camion réalisant de nombreuses missions dans les zones urbaines et périurbaines, dans la technologie parfois appelée :

Transmission hybride parallèle à dérivation de puissance. (La motorisation actuelle est un Diesel à 6 cylindres en ligne de 5 à 6 ou 7 litres de cylindrée). Les gains énergétiques, dans une technologie hybride correctement exploitée dans des zones urbaines, existent pour toutes les technologies du transport routier exploitant une motorisation thermique, automobile, bus ou camion. Il nous semble indispensable d'envisager cette hypothèse, c'est à dire de la travailler très minutieusement.

Les gains escomptés nous semblent voisins de ceux mentionnés dans le cadre précédent, maintenir un **objectif moyen de gain de 30 % * sur le rendement**.

* Le programme US mentionne un objectif de gain de 60 %.

Ce niveau mentionné dans le programme US pour camions nous semble peut-être imaginable en ne considérant que les phases de fonctionnement en urbain, et à partir de flottes exploitant des technologies anciennes. Ces objectifs US ne nous semblent pas raisonnables si l'on retient, le bilan global incluant des phases routières et urbaines, et les technologies européennes de 2004.

Nous conservons un objectif de réduction de la consommation, trajets combinés route et ville combinés, de 30 % avec des moteurs thermiques Diesel recevant bien évidemment tous les éléments rendant cette conception aussi parfaite que possible dans le domaine des émissions.

2 - Le besoin d'un comparatif : Hybride-Diesel / Hybride-Essence

Le prix technique d'un tel hybride sera chargé par des compléments de dépollution vis-à-vis des NOx et particules, comme pour l'obtention d'un niveau de bruit similaire ou proche de celui d'une automobile. Est-ce alors le meilleur compromis imaginable pour un concept de camion hybride. Aurait-on alors une définition commercialisable, achetable ?

Nous suggérons, dans ce contexte d'incertitude, **l'engagement d'un programme de calcul par une combinaison de modélisations** compliquées (comme cela se fait pour l'automobile) pour évaluer comparativement la technique mentionnée ci-dessus avec une version hybride essence pouvant être dépolluée de manière plus économique.

Cette étude particulière est onéreuse pour l'établissement des programmes initiaux, mais son exploitation est ensuite possible à de nombreux cas de figures.

Les dépenses engagées, dans un tel contexte, selon notre expérience, constituent un investissement remarquablement rentable, évitant le/les gaspillage(s) induit(s) par une sélection technologique hâtive, alors que nous attendons la technologie souhaitable, à potentiel pour un futur industriel.

Vous savez que le moteur à essence présente dans sa cartographie de fonctionnement de larges surfaces d'usage avec des rendements médiocres très distants des rendements obtenus en configuration Diesel, essentiellement lorsqu'il fonctionne à de faibles charges, ce qui est le cas en usage urbain. Il est connu de tous que l'automobile exploitée en ville présente une consommation en essence accrue de $\sim + 30 \%$ par rapport à une conception Diesel en injection

directe "Common rail" haute pression en technologie 2004, les véhicules assurant les mêmes performances.

La technologie hybride va s'avérer très performante sur un véhicule exploitant un moteur à essence, effaçant alors, en ville, une forte part de la faiblesse de la thermodynamique essence. Le gain apporté par l'hybridation à partir d'un Diesel sera plus modeste, ce qui, associé au surcoût des équipements de "dépollution" pourrait conduire à **retenir l'hypothèse d'un camion utilisant un moteur à essence**. La modélisation suggérée vise à situer le meilleur compromis essence / Diesel en énergie et en prix de revient, en intégrant bien les équipements de réduction des pollutions solides, gazeuses et sonores. (voir Fiche N°10).

Dans l'hypothèse du maintien d'une motorisation Diesel adaptée, on doit, nous semble-t-il suggérer un travail intégrant comme carburant un mélange de gazole et de 30 % d'EMVH(ester méthylique d'huile végétale, comme l'EMC, ester méthylique de colza).

2- Objectifs :

⇒ 2.1- Exploiter les techniques modernes de modélisations pour réaliser un parallèle entre les 2 technologies essence et diesel, afin de sélectionner le meilleur binôme commercialisable, achetable avec un objectif de **consommation réduite : ~ 30 %**, peut-être en envisageant l'emploi d'un moteur thermique dérivé de l'automobile, pouvant bénéficier d'une assistance de la motorisation électrique lors de demandes de performances augmentées, ce critère pouvant aider à mieux définir la plage la plus porteuse pour le concept de camion hybride.

⇒ 2.2- En fonction des résultats précédents, sélectionner les meilleures motorisations envisageables.

⇒ 2.3- Engager les artifices les plus favorables afin d'éviter les excès de consommation avec un excellent automatisme dans les choix des rapports de transmissions favorables. Assurer une gestion électronique de l'énergie embarquée et de la conduite des 2 motorisations, thermique et électrique.

⇒ 2.4- Considérer que ce camion est un produit routier urbain devant satisfaire les exigences attendues en HC, CO, NOx et particules en zones urbaines, catalyseurs - pièges à NOx, pièges à particules, le tout pouvant convenir, sans maintenance lourde, pour la vie du véhicule.

⇒ 2.5- Considérer que ce camion, en ville doit satisfaire des niveaux d'émissions de bruit minimales, à vie, c'est à dire en exploitant de nouvelles technologies électroniques limitant les émissions de bruit au-delà du seuil toléré, pour ce qui concerne au moins les 2 sources émettrices que sont les moteurs et transmissions. Objectif : respect de la limite automobile en bruit.

⇒ 2.6- Pour ce qui concerne le bruit de roulement en ville une recherche pourrait/devoir impliquer les spécialistes en infrastructures routières et en pneumatiques.

⇒ 2.7- Rechercher pour ces camions les équipements avancés possibles en matière de sécurité : ABS, ESP, antipatinage, protection des piétons, alertes éventuelles de franchissements de lignes, conduites automatiques lors d'encombrements (direction, moteurs thermique et électrique, freinage etc.).

⇒ 2.8 -Envisager, avec des spécialistes en carrosserie, une architecture évoluée pour assurer le meilleur service pour l'usage urbain envisagé, hauteur de plancher, portes d'accès, équipements de cabine assurant les liaisons informatiques appropriées, les communications avec les correspondants et les services utiles, etc.

4- Participants envisageables.

Nous imaginons bien une participation d'ensemble de Renault Trucks (RT), avec ses excellentes équipes techniques et commerciales de St Priest.

En calcul nous suggérons la mise à contribution de l'IFP, compte-tenu de son expérience automobile et de son association avec l'équipe "IMAGINE" de Roanne, regroupant ainsi des bibliothèques de données très importantes celles de l'IFP enrichies avec les constructeurs français et celles de son partenaire. Des assistances pourraient peut-être s'envisager avec diverses équipes, dont l'ALSTHOM. Cette dernière pourrait peut-être apporter ses compétences pour la partie électrique du projet.

Le groupe HEULIEZ, en carrosserie, devrait pouvoir, me semble-t-il, être à valeur ajoutée dans un tel programme, compte tenu des orientations déjà travaillées et de l'esprit de cette équipe fortement attachée à une recherche de nouveaux concepts. LOHR ? GRUAU ?

Dans le domaine des émissions et du bruit les partenaires seront dépendants de la sélection essence / Diesel, mais les ingénieurs de R.T. devraient pouvoir couvrir le besoin si l'entreprise le souhaitait, ce qui me semble envisageable, avec l'assistance des moyens humains et matériels du "MOTEUR MODERNE", si nécessaire, et peut être de METRAVIB.

A cela s'ajoute un ou des partenaire(s) en électronique pour le bruit, la gestion de l'énergie, les éléments de sécurité, information et communication, les automatismes, etc. Nous pourrions imaginer BOSCH, SIEMENS Automotive, Valéo, en considération des avis de Renault Trucks, et peut-être de l'INRIA.

Le groupe américain DELPHI n'est pas à mésestimer car il comporte de multiples compétences à de très bons niveaux, que ce soit en électronique, en APU, en auxiliaires, ainsi qu'en injection directe Diesel depuis leur achat du groupe LUCAS ayant ses installations en France.

CAMION DIESEL ou DIESEL - ELECTRIQUE.

1 - Contexte.

Nous nous plaçons au cœur de la plage des camions allant de 16 à 40 tonnes, et suggérons de focaliser la recherche sur une dimension pondérée, afin de ne pas ambitionner une couverture des exigences d'ensemble des 40 tonnes, devant avoir des motorisations à très fort potentiels. Nous suggérons une recherche focalisée sur le camion d'une vingtaine de tonnes, en frontière des dimensions américaines medium duty / heavy duty.

Tonnage suggéré de 20 tonnes (à choisir avec partenaires)

En configuration conventionnelle le moteur serait un Diesel de 6 cylindres en ligne avec une cylindrée voisine de 7 litres.

2 - Suggestions - Orientations.

Nous suggérons un programme en 2 étapes :

A - Une première phase comparative entre 4 concepts, par calculs :

1- **Une référence, la conception actuelle** des routiers, une motorisation Diesel unique couplée, comme actuellement à une boîte de vitesse conventionnelle,.

2- **Une motorisation Diesel - électrique, avec un moteur Diesel** conduisant une génératrice, alimentant à son tour des moteurs électriques de puissance, par exemple avec des moteurs roues sur l'essieu arrière. L'absence d'arbre de transmission devrait pouvoir permettre une évolution architecturale du camion, en particulier un abaissement du châssis et des hauteurs de charge.

3- **Une motorisation Diesel - électrique, constituée de 2 petits moteurs thermiques**, l'un des deux étant toujours en service, le second n'étant exploité que sur demande de forte puissance. Ces 2 moteurs sont couplés à l'unique générateur alimentant 2 moteurs électriques.

4- **Une seule motorisation Diesel à déactivation de cylindres**, c'est à dire pouvant fonctionner avec un ou 2 cylindres en veille, ne développant aucune puissance. Cette technologie de déactivation de cylindres a été développée pour certaines automobiles utilisant de gros moteurs dans un souci d'économie de carburant, sachant que les cylindres en veille sont naturellement entretenus en température - eau, huile et parois fonctionnelles, et peuvent instantanément être mis en service à de fortes ou faibles charges. Les résultats obtenus sont démonstrateurs d'intérêt.

Le bilan de cette première approche, de ces calculs et modélisations, devrait guider le choix de la technologie appropriée, et couvrir des évaluations énergétiques selon de multiples critères incluant le contexte variable des profils routiers.

B - Une seconde phase constructive, engageant la disposition la plus favorable retenue.

Nous suggérons, alors seulement, d'ambitionner avec la technologie la plus encourageante, des progrès complémentaires touchant la motorisation et son environnement, une amélioration du rendement des auxiliaires et un APU de commande de ces auxiliaires, (petite pile à combustible), etc.

3 - Objectifs.

On ne peut définir un objectif simplement, du fait des profils routiers qu'il faut considérer. Toutefois, de manière approchée, en tenant compte des expériences existantes, avec des cylindrées adaptées au juste besoin, et une déactivation partielle de 1 ou 2 cylindres du moteur, si nécessaire, il nous semble **qu'une réduction des consommations voisine de 15 à 20 %** devrait pouvoir constituer un objectif réaliste, atteignable.

4 - Participants imaginables.

Nous devrions retrouver les mêmes entreprises que celles mentionnées sur notre fiche N°3. La difficulté pour réaliser, après la phase N°1, la meilleure adaptation du produit camion sera fonction des résultats du calcul. Si la conception la plus efficace se rapprochait des architectures existantes, alors le travail pourrait être conduit par le constructeur lui-même ou par un laboratoire ou centre de R&D. Le groupe DELPHI pourrait être un partenaire constructif dans un tel programme, en fonction de ses rapports avec le constructeur de camions.

FICHE N° 5.

CAMION GRAND ROULEUR DE 40 A 44 TONNES.

1 - Contexte.

Ce véhicule occupe une place essentielle dans le transport routier, et nous avons vu qu'il ne se situait pas aux frontières du mieux possible, il ne se situe pas au meilleur niveau envisageable

L'Europe a été et est encore avec de meilleures conceptions technologiques que celles existantes aux USA suiveurs des grandes étapes de progrès qui ont été initiées en Europe, mais la situation pourrait s'inverser si des dispositions nouvelles n'étaient pas entreprises, compte tenu de **la pertinence du programme US** étalé sur une dizaine d'années relatif au "Camion du XXI ème siècle", assuré d'une excellente volonté politique et d'aides financières importantes.

L'objectif quantifié de gain possible en consommation, relevé dans le projet PVHP du PREDIT (Projet Véhicule haute Productivité) se situait entre :

2,9 et 4, 7 l/100km, soit avec la référence alors retenue de 34 l/100km, une valeur de consommation comprise entre 29,3 et 31,10 l/100 km. Nous sommes là bien loin des objectifs US, loin également de notre approche puisque **nous proposons un niveau objectif en consommation de 23,5 à 26 l/100 km**, dans cette fiche.

Le potentiel de progrès pour ce camion grand rouleur est ainsi très significatif, mais ceci implique un programme important devant conduire à tirer la quintessence des éléments essentiels, apporter alors une réelle contribution au développement européen.

2 - Suggestion.

2.1 - Générer un groupe motopropulseur nouveau, avec un Diesel de technologie avancée, n'existant pas encore au monde capable d'apporter une efficacité accrue pour la fonction demandée. On recherchera **la quintessence de la thermodynamique des combustions**. On recherchera la quintessence dans le domaine des frottements, avec une **cylindrée utile variable** adaptable au réel besoin, on recherchera une amélioration du rendement de tous les auxiliaires, également une récupération d'une fraction des pertes thermiques.

2.2 - La transmission mécanique sera automatisée de telle sorte que les passages de vitesses soient assurés pour garantir des fonctionnements sur les meilleurs points de rendement, et ne plus autoriser des conduites

consommantes selon la qualité des conducteurs. Bien évidemment un couplage avec une transmission et motorisation électrique serait à retenir si les modélisations mentionnées par ailleurs traduisaient un bilan énergétique favorable.

2.3 - Le "management" du groupe motopropulseur, moteur et boîte, sera adapté pour les exigences à satisfaire en bruit, en émissions et traitements par catalyses et pièges.

Ce management devra intégrer et exploiter les données retransmises de l'unité de gestion de la thermique, assurer une gestion aussi parfaite que possible de la gestion de l'énergie, décider de consignes ou respecter des données émanant des multiples détecteurs, assurer un automatisme de fonctionnement pour des vitesses constantes, engagement de freinages ou puissances accrues au droit de chaque roue, pour la sécurité active, par exemple.

2.4 - Une évolution de l'aérodynamisme du camion est à travailler. Le S.Cx du camion, produit de la surface frontale par le coefficient de pénétration dans l'air ou traînée - est mauvais. Une amélioration est tout à fait envisageable, elle est porteuse d'une économie substantielle qui pourrait avoisiner 6 % de la consommation.

2.5 - La réduction des pertes au contact du sol est aussi à retenir. On doit pouvoir envisager une amélioration de la **chaussée et du pneumatique**. Si la réglementation l'autorisait, on devrait pouvoir envisager l'emploi de pneus de grande largeur. En effet la perte essentielle due uniquement aux seuls pneumatiques est le fait des énergies diffusées dans les flancs. L'usage de pneus larges, en substitution aux jumelages, pourrait conduire à un gain important, qui, rapporté au camion, serait voisin de 1,5 à 2 % sur la consommation.

2.6 - En matière de sécurité il nous semble souhaitable d'envisager une exploitation des nouveaux potentiels électroniques permettant de faire de très grands progrès, comme les dispositifs anti-retournement, les dispositifs évitant les mises en portefeuille, la mise en place de systèmes d'assistance à la conduite et de guidage total, en couplage avec l'infrastructure, ou encore l'indicateur de sortie de voie à l'image de l'alerte de franchissement involontaire de ligne, AFIL qui sera proposé prochainement par PSA en automobile, etc. Nous pensons également que quelques dispositions complémentaires seraient utiles, notamment quelques tests relatifs à l'assise au sol du camion dans quelques cas de figure pouvant garantir une amélioration de la sécurité active. (voir Fiche N°9)

3 - Objectifs correspondants.

3 - A. Une ambition pour une thermodynamique d'excellence.

Il nous semble approprié de considérer 7 points susceptibles d'apporter, chacun, une contribution à l'amélioration du rendement.

1- Décalage plan des cylindres et axe vilebrequin. Envisager une évolution architecturale du moteur, en étudiant un éventuel déplacement de l'axe

longitudinal du vilebrequin par rapport au plan constitué par les axes verticaux des cylindres. Les combustions s'initient quelques instants avant le point mort haut, la position la plus élevée des pistons, et l'on a une petite perte énergétique par cette fraction négative du cycle de combustion. Serait-il envisageable de réduire cette boucle négative, en camion, comme cela a été adopté par Honda sur son premier moteur Diesel automobile ? Une petite étude théorique minutieuse devrait pouvoir permettre de doser le gain potentiel et conduire à retenir ou non cette disposition, à priori favorable.

2- Rapport volumétrique variable (ou taux variable). Le besoin d'un taux élevé est une exigence permettant d'obtenir d'excellents départs à froid. Ce taux élevé n'est cependant pas souhaitable pour le fonctionnement courant qui demanderait un taux plus modeste. Les techniques nouvelles permettent d'arriver à une meilleure adaptation du taux effectif, sans envisager une monstruosité technique, comme cela est proposé par certains inventeurs depuis 50 ans, en agissant par exemple sur la possible variation des déplacements des soupapes, admissions et/ou échappements. On doit alors pouvoir gagner un peu en rendement, et apporter un potentiel supplémentaire pour la fonction de freinage moteur, utile pour ce gabarit de véhicule.

3-Combustions Homogènes, dites HCCI ou combustions froides. Celles-ci ne feront pas gagner en rendement de manière significative, dans la thermodynamique Diesel, mais permettront un fonctionnement pratiquement sans émissions de particules et sans émissions d'oxydes d'azote. La recherche devrait ambitionner un agrandissement de cette plage de fonctionnement, en exploitant des artifices (lois et déphasages de cames, recirculation de gaz d'échappement, pressions de compression et combustion, etc.). Le gain en rendement découle alors du fait que l'on peut éviter des injections tardives et de trop hautes températures dans les échappements imposés par les équipements de dépollution.

4- Piloter les combustions avec une meilleure précision. Des gains peuvent être envisagés si l'on sait positionner le diagramme de combustion de chaque cylindre de manière parfaite par rapport à la position du vilebrequin. L'emploi de capteurs de pressions dans les chambres de combustions sont à envisager, à retenir de notre point de vue, même si cette technologie n'est pas encore industrielle.

5- Améliorer les performances des injections électroniques actuelles. Exploiter une injection directe "Common Rail" piezo électrique multijets et assurant de très hautes pressions, voisines, pour exemple de **2000 à 2500 bars**, en association avec des pressions de cylindres augmentées (220 Bars ?)

6- Exploiter une technologie de désactivation de cylindres. Un camion lourd a besoin de beaucoup de puissance durant les phases d'accélération lors de rampes ou lors de variations d'altitude. A l'inverse le besoin en énergie motrice sur sol plat est modeste et justifierait alors un moteur de plus petite cylindrée. Notre suggestion est favorable à l'usage de la technique de désactivation, 1 à 2 cylindres n'étant alors pas exploités, et qui n'assureront qu'une fonction de ressort - compression et détente - garantissant un bon maintien en température

des parois et organes pour pouvoir très rapidement être mis en service lors d'un appel de puissance. Un gain énergétique est alors assuré, comme le confirme les choix faits sur de lourdes automobiles pour réduire leurs consommations. Cette disposition peut, de notre point de vue, être engagée en camion, du fait des potentiels des équipements électroniques actuels en management moteur et en gestion de l'énergie.

Nous avons été modestes en gain en énergie globale, mais les écarts de puissances utiles nécessaires en roulage, sur pente nulle ou à 3 %, dépassent 300 ch, 220 kW, autorisant presque une désactivation de 3 cylindres. En se limitant à 2 cylindres désactivés on pourrait peut-être rester dans une plage de fonctionnement "sage" moins sollicitante en charge, moins bruyante, moins polluante.

7- Commandes de soupapes et freinage d'un camion de 40 tonnes. Dans la mesure du possible il serait souhaitable d'envisager une commande des soupapes, non plus mécanique mais exploitant une technologie électromagnéto-hydraulique, extrêmement souple, permettant de regrouper des points bénéfiques pour la motorisation mais également pour une meilleure contribution du moteur pour le freinage du camion. Le surcoût d'un tel équipement devrait être en partie compensé par la suppression des technologies mécaniques - rehausses des culasses - utilisées actuellement. Le principe consiste à utiliser le moteur pour compresser de l'air, en "consommant" beaucoup de puissance. *(Un camion d'une puissance de 400ch a sensiblement besoin d'une puissance équivalente voisine de 400ch pour son freinage).*

3 - B. Gagner en "frottements" et rendements divers.

1 - Par la cylindrée variable obtenue avec la **désactivation sélective des cylindres** en fonction de la puissance demandée.

2 - Par la commande la plus judicieuse possible de tous les auxiliaires, mécanique, hydraulique ou électrique avec un APU.

3 - Par une exigence nouvelle d'amélioration du rendement de tous les auxiliaires, pompes à eau, à huile, d'assistance de direction, compresseurs, climatisation, alternateurs.

Ordre de grandeur des puissances absorbées :

Source : Note d'info INRETS, avec quelques évolutions.

Auxiliaires	Puissance en kW absorbée	
	A vide	En charge
Pompe à huile	2,7	2,7
Pompe à eau	3,2	3,2
Pompe d'injection	2,2	3,5
Ventilateur	0,5 ou 10	10
Alternateur	0,8	3,5
Compresseur d'air	1,5	5,3
Pompe hydraulique	1,2	10
Cumul	21,2	38,2 kW ou 52 ch

3 - C. Récupérer une partie des pertes énergétiques.

Nous pensons en particulier aux pertes thermiques, associées à l'usage de la suralimentation, à l'emploi d'une combinaison d'un compresseur et d'une turbine développés pour avoir un très grand couple pour les démarrages et les très bas régimes. Aux régimes élevés la turbine, même avec la géométrie variable, n'est plus correctement adaptée, et il est nécessaire de "by-passer" une fraction importante du débit des gaz d'échappement. L'énergie ainsi perdue est voisine de 70 à 80ch. Même avec un rendement de récupération modeste il devrait être envisageable de convertir peut-être 30 à 40 % de ces pertes actuelles en énergie électrique, dans le cas du grand rouleur de 40 à 44 tonnes. Un gain sur la thermique (et le poids) devrait pouvoir être envisagé avec l'emploi de matériaux nouveaux pour les collecteurs d'échappement.

3 - D. Améliorations complémentaires.

- Gain sur **l'aérodynamique** du camion, voir fiche N°8.

Ce gain négligeable avec le petit routier ne l'est plus avec le camion grand rouleur.

En envisageant une évolution du Cx - passant de 0,65 à 0,55 - le gain potentiel se chiffrerait à 5 ou 6 %. Bien évidemment une telle évolution demanderait un agrément réglementaire relatif à la longueur d'un tel camion amélioré pour ne pas perdre en surface utile de chargement. Cet "allongement" du camion pourrait être mis à profit en sécurité passive pour l'implantation de matelas amortisseurs avant et arrière, en cas de chocs frontaux.

- Gain sur **les pneumatiques**. La perte essentielle est associée à la déformation des flancs des pneumatiques. L'usage de pneus larges, en substitution aux jumelages, pourrait conduire à un gain important sur le pneu lui-même qui rapporté au camion, pourrait conduire à une efficacité améliorée voisine de 1,5 à 2 %, ce qui serait remarquable.

3 - E. Objectif de gain global.

Le tableau ci-après rappelle la sensibilité à la pente de la chaussée dans le contexte d'un camion de 40 tonnes, en 2004, en regroupant la charge (vide ou 40 tonnes), la puissance fournie et la vitesse max.

Charge totale	Pente			Vitesse Km / h
	0 %	3 %	6 %	
Vide	87 ch 65kW			80
40 t.	136ch 100kW			80
40 t		373 ch 275kW		60
40 t		490 ch 361kW		80

Vide			350ch 258kW	80
40 t			373ch 275kW	30
40 t			480 ch 353 kW	46

La puissance à retenir pour un roulage voisin de 90 km / h sensiblement, maintenu en rampe de 3 %, avoisine 500 ch.

L'objectif que nous proposons est une évaluation ambitieuse, certes, mais les chiffres que nous avons retenus, voir ci-après, nous semblent accessibles technologiquement. Il reste évidemment une interrogation relative aux coûts des technologies nouvelles à engager, mais nous ne voyons pas de frein pour un tel développement, dans **notre situation présente de fin des énergies bon marché.**

Les valeurs mentionnées dans le tableau de la page suivante devraient pouvoir constituer un niveau objectif acceptable pour l'engagement d'une recherche focalisée sur le produit camion, à fort potentiel.

- L'objectif de gain énergétique est imaginé dans le cas d'une motorisation évoluée voisine de 360 kW, (480 à 500 ch), bénéficiant de toutes les améliorations technologiques mentionnées.

Déactivation de cylindres	7 % (ou+)
Choix parfait du rapport alésage / course et du désaxage plan des cylindres par rapport au vilebrequin	1,5 %
Capteurs de combustion dans les chambres, Combustion HCCI, Lois de cames variables Taux ou rapport volumétrique de compression variable	4 à 5 %
Automatisme des commandes de boîte (gains sur conducteurs non économes)	2,5 %
Gain sur rendement et commande des auxiliaires : 20 %, soit au camion :	2 à 3 %

Gains complémentaires à retenir :

Aérodynamique du camion	5 %
Pneumatiques larges remplaçant les roues jumelées	1,5 à 2 %

Soit un gain potentiel global voisin de 23,5 à 26 %

Avec encore un peu plus d'ambition dans nos objectifs, nous devrions ajouter 2 points complémentaires, importants de notre point de vue, que nous n'avons pas osé retenir dans cet état, compte tenu de quelques incertitudes :

- **Un gain par une récupération améliorée de l'énergie perdue en sortie d'échappement**, compte tenu de la complexité technologique éventuelle à envisager et du prix associé à la technologie choisie.
- **Un gain sur la masse du camion à vide**, c'est à dire un engagement de matériaux très attractifs, mais peut-être onéreux au stade actuel – voir notre point 4.2.7.

4 - Participants potentiels.

Si la recherche comportait bien un objectif ambitieux focalisé sur le camion du futur, il nous semble que les **constructeurs et utilisateurs** de ces camions lourds en Europe pourraient s'associer à un tel plan de progrès : DAF, IVECO, MAN, DAIMLER, SCANIA, VOLVO trucks... ainsi que les grands utilisateurs. En France Renault Trucks devrait pouvoir contribuer à conduire un tel plan, me semble-t-il. De petites entreprises ou centres de R&D devraient pouvoir être impliqués compte tenu de la dimension du programme, en France l'IFP et le "Moteur Moderne", les fabricants des organes dits "accessoires" pompes, compresseurs, alternateurs, démarreurs, turbocompresseurs, comme Bosch, Delphi, Siemens, Valéo, Honeywell en récupération d'énergie dans l'échappement, sans oublier les compétences en gestion de l'énergie, de la

thermique et de la dépollution, incluant peut-être Faurecia et Johnson Mathey pour les échappements et la catalyse.

Cette fiche implique la considération des gains prévisibles par l'aérodynamique (fiche N°8) et les pneumatiques.

Il s'agit dans cette fiche d'un programme ultime "Maxi rendement - Mini CO₂" qui devrait faire du camion un outil tout à fait convenable dans l'attente des nouvelles technologies et énergies. En outre ce programme pourrait être engagé en association avec un objectif d'emploi accru d'esters méthyliques d'huiles végétales de bonnes qualités, débordant des objectifs européens en atteignant un pourcentage de mélange dans le gazole voisin de 30 %, en fonction des écarts de prix entre baril de pétrole et EMVH, contribution efficace à la réduction de la facture pétrolière française et à la réduction de l'effet de serre du fait du gaz carbonique.

Notre projection, pour cette proposition de recherche :

Viser un objectif global de 25 % sur l'énergie consommée.
--

Soit :

A - sans EMHV (ester méthylique d'huile végétale, colza, soja, tournesol).

une consommation passant de **32 à 24 litres gazole/ 100 km.**
en rapportant cette énergie à la charge 40 tonnes dont 26 utiles :

passer de 1,23 à 0,92 litre / tonne utile transportée,

passer de 0,8 litre par tonne roulante à 0,6 litre.

Ou

B – Avec 30 % d'EMHV.

Soit 17 litres de gazole et 7 litres d'EMHV pour 100 km

une consommation d'énergie pétrolière passant de 32 à 17litres,
une réduction **de 52 %.**

FICHE N° 6

LE CAMION DE 60 TONNES.

1 - Contexte.

Il ne s'agit pas dans notre étude de suggérer maintenant une recherche d'adaptation d'un tel concept, mais plus modestement d'en évaluer la pertinence, les points forts et faibles dans le champ français, pour enrichir les points de vue, aux cotés des expérimentations engagées, en Europe, dans quelques pays comme les pays nordiques et la Hollande, des pays essentiellement "plats".

Nous suggérons une expérimentation très limitée, de peut-être 5 à 10 camions de 60 tonnes, **sans augmentation de la charge par essieux** et pour lesquels des dispositions spécifiques seraient engagées **pour la sécurité et le respect des infrastructures**. Ces produits devraient pouvoir s'envisager sans dépenses significatives et apporter, dans des usages sur des axes routiers très chargés, et dans des régions géographiques à faible relief, un ensemble de résultats, une confirmation nécessaire des potentiels en efficacité énergétique, congestion locale, sécurité. (notre § 4.3.6).

Une telle approche a déjà été préparée en France. Elle devrait pouvoir être actualisée, évitant ainsi toute méprise pour une éventuelle orientation ultérieure française ou européenne.

2 - Objectifs.

2.1 - La réduction du trafic : réduire le nombre de camions sur des axes sélectionnés, quelques corridors précis, sur des infrastructures surchargées.

2.2 - Pas de dérive de prix à la tonne transportée. Assurer ces transports sans dérive globale de prix, avec un gain sur le prix de la tonne transportée compensant le transfert de charge à envisager peut-être du fait des limitations réglementaires d'usage à prévoir pour ces camions de 60 tonnes.

Tous les constructeurs de camions disposent de moteurs développant des performances suffisantes pour réaliser l'expérimentation proposée, l'attention devant être focalisée sur les équipements de freinage, l'absence de déclivités importantes sur les couloirs sélectionnés, l'impact social de ces produits dans le trafic routier.

2.3 - Réduire les émissions de CO₂ par tonne transportée

2.4 - Juger du ressenti sécuritaire, juger des appréciations humaines lors de déplacements, lorsque l'on croise ou double un tel camion de 60 tonnes, du fait de l'augmentation de longueur : le camion de 40 / 44 tonnes peut avoir une longueur de 16,5 à 18,75 m, celui de 60 tonnes 25,25m. (croquis page suivante.)

2.5 - Dispositions réglementaires nouvelles. Etudier, ou actualiser les dispositions sécuritaires qu'il faudrait envisager pour pouvoir envisager, de manière limitée, encadrée, le développement d'un tel concept.

3 - Quelques points techniques.

Relatifs aux masses, dimensions et consommations :

Tonnage du camion	40 / 44 tonnes	60 tonnes
poids à vide	14 tonnes	22 tonnes
Charge utile	26 tonnes	38 tonnes
Longueur	16,5 m tract. - semi 18,75 porteurs + remorque	25,25 m
Consommation moyenne		

du camion lit.gazole / 100km (hors progrès)	32 l/100km 0,8 l/100, par tonne roul.	42 l/100km 0,7 l/100 par tonne roul.
Consommation par tonne de charge utile	1,23 lit/tonne utile	1,10 l/tonne utile (0,13 /1,23= 10 %)
Nbre camions pour transporter une même C.U.	1,46 (ou 3 camions de 40t)	1 (ou 2 camions de 60 t)

⇒ Il est ainsi possible de remplacer 3 camions de 40 tonnes par 2 de 60 tonnes.

⇒ Le gain apparent en énergie consommée est de 10 % à la tonne de charge utile. (analyse faite sans intégrer les évolutions possibles en énergie pour le camion du futur et transposables au camion de 60 tonnes, ni les éventuelles ruptures ou transferts de charge induits avec la technologie 60 tonnes.)

4 - Entreprises et Etablissements concernés.

Le ministère des Transports est très directement concerné, la Direction de la recherche, la Direction de la réglementation avec la DSCR, la Direction des Routes, etc..

Les constructeurs de véhicules lourds et gros moteurs*, comme RENAULT et VOLVO TRUCKS, MERCEDES-DAIMLER, MAN, IVECO, SCANIA etc..

Les fabricants de pneumatiques, MICHELIN, ayant de riches connaissances sur ce contexte en Europe, aux USA et pour certains points en Australie.

Les transporteurs pouvant être intéressés, NORBERT DENTRESSANGLE, GEODIS, STEF-TFE par exemple, et les spécialistes de la logistique dont Norbert Dentressangle.

* Les principales productions mondiales de moteurs pour les gros camions, moteurs de 9 à 18 litres de cylindrées sont les suivantes pour l'année 2002 :

VOLVO Powertrain avec 123.800 moteurs fabriqués par :
Volvo Trucks 70.800 - Mack 30.000 - Renault Trucks 23.000.
DAIMLER CHRYSLER avec 109.500
CATERPILLAR avec 8.600

5 – Orientation complémentaire : une recherche impliquant les infrastructures.

Ce programme du très grand routier pourrait être couplé à 1 ou 2 programmes d'assistance à la conduite. Nous suggérons dans ce cadre les approches suivantes justifiables d'une excellente analyse :

Engagement de guidages entièrement automatiques lors des vitesses lentes (congestion des infrastructures),

Engagement de conduites entièrement automatisées sur certaines plages routières, arrêts, mises en route, accélérations, direction et maintien dans le

couloir de circulation, vitesses stabilisées ou à distance du véhicule amont, freinages, etc.

Une telle ambition, au titre d'une assistance aux conducteurs, impliquerait une construction nouvelle de réseaux de dialogue infrastructures-camions et une adaptation de quelques calculateurs et unités de commande sur ces camions. Un programme utile pour de multiples applications du transport routier, intégrant l'automobile.

Flash – Rappel des objectifs de gains énergétiques proposés dans ces premières fiches :

- Pas d'évaluation dans le cas du camion électrique.
- Réduction de 30 % pour les 2 propositions de camions hybrides.
- Réduction de 15 à 20 % pour la recherche camion Diesel ou Diesel-électrique.
- Réduction de 25 % pour le camion grand rouleur.
- Pas d'expression de gain pour le camion de 60t ayant des frais spécifiques, ruptures de charges à prévoir et une éventuelle production quasi unitaire.

FICHE N° 7

LA REDUCTION DU BRUIT DU CAMION

1 - Contexte

La bruyance du camion constitue un point négatif majeur dans l'image sociale du produit. (Il faut certes relativiser ce constat car le camion n'est peut-être pas en premier rang, probablement surpassé par des 2 roues et certains véhicules utilitaires anciens dérivés de l'automobile).

Le ressenti actuel est aggravé du fait de la composition du parc, où l'on rencontre encore des motorisations "épouvantables", réellement non acceptables avec des ralentis qui claquent, notamment à froid, des accélérations marquées de rafales de combustions rudes, des niveaux de bruit en limite du supportable.

Nous sommes loin de ce que l'on peut faire raisonnablement.

Le bruit pollue, et les moyens de transport (routiers et non routiers) figurent parmi les principaux responsables de ce fléau. Certes de multiples progrès ont été apportés, en bruit, mais ces progrès ont été en partie estompés par la croissance du trafic. Et ce trafic va encore beaucoup s'accroître. Une étude allemande a retenu pour l'Europe une augmentation de 64 % du trafic de marchandises entre 1997 et 2020 !

Ce bruit du camion constitue une faiblesse majeure, notamment dans les zones urbaines. Il semble approprié d'engager des mesures ambitieuses pour améliorer cette situation et nous suggérons de dissocier les 2 familles de camions : – tous ceux qui rentrent dans le champ des véhicules urbains et suburbains, sans distinction des usages, – tous les autres, routiers courants ou grands rouleurs. Dans cette seconde famille il nous semble qu'il soit sage de poursuivre la stratégie actuelle, relativisant le problème du bruit au bénéfice d'un compromis d'ensemble.

Cette fiche porte sur la première famille "urbaine".

Dans ce champ nous retrouverons le camion électrique, le camion hybride, Diesel ou essence, le Diesel électrique ou le diesel thermique.

Le véhicule utilitaire ou industriel urbain, sauf exceptions raisonnables, ne devrait-il pas être assujéti en bruit aux mêmes exigences que l'automobile, comme cela se fait en émissions gazeuses pour les automobiles petites ou grandes, légères ou lourdes ?

Nous retenons cette orientation, ce qui n'a de sens que si, au niveau européen il était envisageable de retenir un tel objectif partagé au niveau des institutions.

2 - Objectifs.

Il s'agit, pour l'image, de **rechercher l'équivalent de la sonde λ** , exploitée pour les émissions gazeuses, ici pour interdire les excès de bruit. Comme dans

le cas des émissions gazeuses il faut rechercher une disposition "à vie", valable pour la

vie du véhicule, un élément apte à agir sur le fonctionnement pour éviter ou faire engager une procédure de correction automatique de la bruyance anormale, pour alerter ou conduire vers une correction ou une opération de maintenance.

La difficulté est au moins aussi grande que ce que nous avons connu avec les émissions gazeuses, l'objectif est certainement rationnel.

Nous pensons prioritairement aux 4 éléments que sont : les moteurs, les transmissions lorsqu'elles sont mécaniques, le contact route – pneumatiques, l'aérodynamique.

Nous envisagerions d'agir, sans être spécialiste en acoustique, en dissociant les 3 éléments que sont les moteurs, les transmissions, les pneumatiques et la chaussée.

➤ **En ce qui concerne le moteur**, responsable de premier ordre en milieu urbain, il nous semble qu'il devrait être possible d'envisager une détection sur une ou deux surfaces particulièrement émettrices – cas du couplage acoustique / vibrations - qui pourraient recevoir des détecteurs de puissance "acoustique", sensibles donc aux excitations apportées par des combustions plus ou moins rudes, peut-être même à partir de détecteurs de pression implantés dans les chambres de combustion. Au voisinage de seuils critiques, en accélération, ou en stabilisé, il pourrait être décidé une opération corrective par exemple sur la cartographie motrice, en réduisant les débits et avances, en décelant un cylindre malade ou en alertant pour l'engagement d'une opération de maintenance.

Faudrait-il envisager l'emploi d'écrans virtuels sous un capot ?

➤ **En ce qui concerne la transmission**, la bruyance pourrait peut-être se corriger de construction pour ne plus apparaître en service. Si ce n'est pas le cas il devrait être imaginable de rechercher la mise en place d'un capteur de vibrations sur une surface particulièrement émettrice, de telle sorte qu'une action automatique puisse être engagée, action sur la sévérisation émanant du moteur, atténuation du paramètre qui a déclenché la dérive de bruit, ou une maintenance éventuelle sur le paramètre dérivant.

➤ **La qualité des revêtements routiers** porte sa part de responsabilité dans la bruyance urbaine. Serait-il envisageable d'apporter une amélioration acceptable en coût, en endurance, en efficacité sur chaussées sèches ou humides ? Aurait-on une dimension de responsabilité, expliquée, selon les essieux ?

Mais nous n'avons pas de compétences dans ce domaine du bruit.

➤ **Pour les pneumatiques**, ou le progrès semble bien envisageable, il nous semble qu'il devrait pouvoir être reconnu une procédure de qualification du

pneu en dehors du camion, puis ensuite de coupler les résultats avec les potentiels envisageables sur la chaussée, s'il y en a.

- **La bruyance émanant de l'aérodynamique** du camion ne nous semble pas être un critère dominant dans le cas des usages urbains. Certaines études considèrent alors l'aérodynamique comme négligeable. Nous ne retenons donc pas ce critère dans notre étude.

Un progrès apporté doit pouvoir se matérialiser, d'une part par des expérimentations sur des bancs d'essais ou en chambre, d'autre part par des validations réelles sur camion lors d'essais sur pistes avec des procédures de jugement en stabilisé, et en accélération. Une adaptation serait à envisager, peut-être en liaison avec l'UTAC qui a des compétences dans ce domaine.

4 – Programmes et Entreprises ou Etablissements envisageables.

Programmes imaginés :

- 4.1 - Travail sur le moteur et la transmission pour un suivi représentatif du bruit in situ à l'aide de capteurs ou détecteurs couplés avec l'électronique de management du GMP.
- 4.2 - Travail avec Michelin pour une amélioration des pneumatiques.
- 4.3 - Une étude du bruit de roulement, en considérant les divers essieux.
- 4.3 - Une analyse du possible par l'amélioration de la chaussée.

Nous imaginons un besoin de compétences multiples :

- Renault Trucks pour les moteurs et transmissions,
- Le SETRA avec M. Francis Besnard,
- Le Moteur Moderne,
- Métravib,
- L'UTAC, avec M. Jean Malphettes,
- La section acoustique routière et urbaine du LCPC, peut-être.
- Michelin.
- M. Jean-Claude Serrero du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, peut-être.

FICHE N° 8

L' AERODYNAMIQUE DU CAMION

1 – Contexte.

Ce sujet est complexe du fait des multiples paramètres impliqués.

La surface frontale ne peut être réduite et le seul paramètre à travailler est le coefficient de pénétration dans l'air. La structure du camion est complexe, tracteur ou non, remorque ou semi-remorque, distance variable entre tracteur et semi-remorque, faces avant et arrière orthogonales, attaques du vent à des incidences variables, itinéraires fluctuants.

L'aérodynamique est pratiquement sans effet notable lors de roulages à de basses vitesses, non significatif en montagne et faiblement en roulage sur route encombrée.

Nous suggérons d'engager une recherche dans le cadre du camion grand rouleur de 40 tonnes, tracteur et semi-remorque.

En outre l'aménagement du tracteur seul avec un simple déflecteur frontal n'apporte qu'un bénéfice infime. Il faut envisager un train de modifications pour pouvoir ambitionner une étape de progrès bien sensibles lors de roulages au voisinage de 90 km / h

2 – Objectifs.

- Gagner 5 % sur la consommation du camion conduisant à faire le maximum en Cx., passer de 0,65 à 0,50, s'il y a bien 0,65 actuellement.
- Recherche portant sur l'aérodynamique du camion grand rouleur de 40 tonnes dans les 2 cas de figure classiques de ce type de véhicule, train routier (porteur solo + remorque) et ensemble articulé (tracteur + semi-remorque).
- Amener le Cx au niveau de 0,50 implique probablement d'engager des actions complémentaires, travail sur les vitres, affleurantes ?, sur les rétroviseurs, toutes les excroissances pénalisantes.

Etude en soufflerie suivie d'une validation concrète.

Il faudra envisager vraisemblablement les ajouts suivants : un déflecteur de cabine, un écran séparateur entre cabine du tracteur et semi-remorque, un profilage arrière, un carénage des soubassements., aussi bien sous le tracteur que sous la remorque. Ce carénage pourrait être utilisé pour réduire les trop fortes projections d'eau dans le trafic.

Le profilage arrière est consommateur de longueur. Il semble que pour obtenir un agrément des constructeurs, il faille envisager une évolution de la longueur de l'attelage afin de conserver la surface utile de chargement.

3 – Partenaires envisageables.

Constructeurs de camions.

Spécialistes en aérodynamique et soufflerie.

M. Bernard GAUVIN, DSCR.

FICHE N° 9

SECURITE

1 – Contexte.

Nous sommes dans l'incapacité de faire une proposition judicieuse compte-tenu de l'éventail des possibilités qui s'offrent maintenant pour qui en accepterait le prix.

Nous évoquerons seulement quelques possibilités sachant que les progrès potentiels sont considérables, par exemple par la quasi-suppression des retournements ou mises en portefeuille, envisageable maintenant.

Une étude a été conduite au Royaume Uni sur le contexte des possibilités dans le cadre des camions. Nous joignons à cette fiche un encart sur cette étude avec ses références.

Nous avons relevé que 40 % des accidents mortels en Europe auraient lieu la nuit, alors que cette période ne représente que 10 à 15 % du trafic. (Source Renault). Le L.A.B. (Laboratoire d'Accidentologie et de Biomécanique) souligne de son côté que 80 % des accidents de la route sont dus à des erreurs de conduite, ayant les causes suivantes :

Cause	Perception	Evaluation	Interprétation	Décision	Action
Poids en %	50	18	16	9	7

Les aspects humains et la nuit - vision, fatigue, et somnolence, dynamique individuelle ne peuvent être mésestimés.

2 – Situation .

2.1 – La sécurité primaire. Celle-ci porte sur la tenue de route, le confort incluant la climatisation, le freinage, la vision, les informations utiles, la qualité technique ou perfection de l'assise au sol, la précision de la conduite, les assistances de direction, tout ce qui concerne les assistances de guidage ou d'automatisme en matière de conduite incluant la stabilité de trajectoire et son autoadaptation à la vitesse, désenbuages, portées de phares, radars de détection de distances et vitesses de sécurité, etc...

Quelques équipements :

- La présence d'une boîte noire électronique non falsifiable.
- L'anti-dérapiage électronique, type DSC.
- L'ABS, anti-blocage de roues et le contrôle de trajectoire, du type ESP.
- Le BAS, brake Assistant System, qui en complément de l'ABS augmente la puissance de freinage. (AFU pour assistance au freinage d'urgence).
- Les systèmes de freinage à hautes performances, exploitant des carbures ou céramiques.
- Les régulations autoadaptatives de la vitesse de roulage du type ACC, à radars intégrés, assurant un contrôle de distance de sécurité.

- Les antipatinages utiles en temps de pluie ou sur des chaussées grasses.
- Les assistances de guidage assurant des alertes lors de franchissements involontaires de lignes, un contrôle de trajectoire, assistances couplées ou non à des directions actives électriques de rattrapage du défaut détecté.
- Les systèmes de conduite entièrement automatiques, par exemple lors de congestion, avec des vitesses de déplacements faibles où l'électronique assure toutes les fonctions de la conduite, direction, accélérations, freinages, distances de sécurité, maintien dans la ligne.
- Les éclairages par lampes à décharges, couplés ou non aux nouveaux systèmes de vision infrarouge.
- Le suivi des pressions et températures de l'air dans chaque roue ainsi que leur accélération instantanée, pour éviter les éclatements, avec des alertes judicieuses bien en amont.
- Sans oublier les détecteurs de somnolence, attendus depuis 10 ans.
- Etc.

Le listing pourrait se poursuivre, mais ce qui nous frappe, en dehors de l'exploitation merveilleuse de l'électronique, c'est la relative **faiblesse des contrôles de validation ou homologation** des nouveaux camions engagés sur le marché, au moins pour soutenir ceux qui engagent des décisions onéreuses pour leurs produits, pour le bien-public. Il nous semble que des essais de pertinence, de performance, devraient être envisagés pour les nouveaux camions, par exemple la tenue au retournement, la mise en portefeuille, un évitement d'obstacle découvert tardivement. L'UTAC devrait pouvoir apporter une part de son expérience dans ce domaine.

Les fortes projections d'eau. Dans le domaine de la sécurité primaire, **pour les autres**, ne faudrait-il pas envisager une amélioration, si possible, en ce qui concerne les projections d'eau qui, avec la croissance du nombre de camions, pourraient constituer une grave faiblesse ? Ne faudrait-il pas intégrer cette

éventualité dans le travail de carénage des soubassements, suggérés dans notre fiche N°8 ?

2.2 – Le pré-crash. Cette nouvelle approche est très encourageante. Un accident détecté une seconde avant le choc, pourra demain bénéficier d'une intervention "machine" permettant d'en atténuer la sévérité. Les détections par radar sont analysées, filtrées, jugées en fonction des vitesses de rapprochement, des angles de contact du choc à venir, et des actions peuvent être décidées et engagées en amont du choc, tant pour la dynamique du véhicule que pour les personnes dans la cabine. Il est possible d'assister la conduite en urgence, avec des actions sur une réduction de la vitesse, arrêt de la fourniture de puissance, freinage vigoureux, direction redressée, actionnement des prétensionneurs de ceintures, en fonction de la posture sur le ou les sièges, préparation de la mise à feu du ou des airbags concernés.

2.3 – La sécurité passive. Tout ce qui peut s'envisager pour atténuer les conséquences de l'accident. Ce domaine est bien connu, et les performances des produits peuvent être contrôlées.

Rappelons simplement que la donnée essentielle est l'étude des concepts, camions ou automobiles, pour qu'il puisse y avoir une absorption d'énergie importante pendant les premières millisecondes du choc tandis que l'homme attaché correctement devrait conserver un volume de survie suffisant pour que les airbags montrent leur pertinence.

La compatibilité entre les véhicules n'est pas assurée, notamment entre le camion et l'automobile. Il est donc évident pour tous que des barrières d'amortissement doivent être implantées sur les faces (avant ?) et arrière des poids lourds.

Les airbags se sont multipliés et les ceintures se sont sophistiquées avec des prétensionneurs et limiteurs d'efforts. Excellent.

2.4 – Sécurité incendie. Un dispositif simple de détection et d'extinction. Nous avons eu l'occasion de faire faire des essais d'automobiles sous de fortes puissances, dans des chambres climatiques. Nous avons eu hélas l'expérience d'incendies importants. Solution retenue : une réserve de gaz carbonique sous pression, un détecteur de température au-dessus des collecteurs d'échappement pilotant une valve d'ouverture d'un conduit situé en frontal du compartiment moteur. Un tel équipement bien simple pourrait-il être transposé aux camions circulant dans les tunnels ?

3 – Remarques pour conclure.

3.1 – Pas de recherche nouvelle suggérée, pour le long terme, du fait de notre faible connaissance du sujet.

3.2 – La technologie existe, presque sur tous les points, pour franchir une étape de grand progrès dans le domaine du camion. Les engagements se feront si les institutions politiques les demandent.

3.3 – Le problème du contrôle de la somnolence est probablement à réactiver.

3.4 – La recherche en aérodynamique proposée pourrait envisager d'inclure des dispositifs anti projections d'eau à l'occasion des études suggérées relatives aux carénages inférieurs.

3.5 - Si nous devons formuler une suggestion particulière dans ce domaine de la sécurité, nous évoquerions la vitesse, non pour le poids lourd, mais pour l'automobile, non pour l'autoroute mais pour la route ordinaire.

FICHE N° 10

CALCULS et MODELISATIONS

1 - Contexte

Il est certains problèmes qui n'ont pas de solution évidente sans une analyse fine de tous les paramètres sensibles connus. Personne, mi 2004, ne sait bien situer un hybride diesel aux cotés d'un hybride essence, avec certitude, devant assurer les mêmes services, dans un contexte de compétition économique. Il nous a donc semblé souhaitable de suggérer une étude par calcul, l'objectif étant dans une première phase d'avoir une modélisation de camion répondant correctement avec des entrées et réponses connues. L'automobile applique de tels programmes de modélisations, complexes.

En seconde phase il sera possible d'exploiter cet outil afin de porter des jugements sur des assemblages technologiques nouveaux, de sélectionner alors

des solutions assurées, justifiables de programmes concrets pouvant ensuite devenir des supports assurés pour des développements industriels, sans faux pas.

Notre expérience personnelle nous a montré qu'une telle approche pouvait être économique, et globalement la meilleure en planning d'engagement de nouvelles conceptions. Cette orientation peut s'envisager parce qu'il existe en France des compétences dans ce domaine, des ingénieurs familiers de tels programmes, bien au fait des dernières actualisations des modèles exploités.

2 - Objectifs

Les calculs seront alors utiles dans les programmes proposés pour les camions hybrides, pour une approche des besoins en puissance thermique et électrique. Ils le seront encore pour retenir ou non un hybride essence ou Diesel. Ils seront utiles pour envisager ou non un Diesel électrique, pour travailler les diverses hypothèses proposées, un "gros" moteur thermique ou 2 petits dont l'un ne fonctionnerait que sur de fortes demandes de charges ou un Diesel avec une désactivation de cylindres. Ces modélisations devraient permettre de confirmer les gains énergétiques mentionnés dans cette note.

Ainsi il est possible d'asseoir les décisions engageant des budgets importants, et peut-être aussi de contribuer à une recherche de consensus de la part des partenaires des projets.

3 – Partenaires éventuels.

IFP – IMAGINE, Renault Trucks, Renault, Alsthom, et divers équipementiers.

L'Institut Français du Pétrole est à notre connaissance le partenaire clé pour la réussite d'un tel programme.

Associé avec le groupe "Imagine" installé à Roanne, pour de tels calculs, ils sont seuls en France à avoir la bibliothèque de programmes permettant la combinatoire d'ensemble, motorisations essence ou diesel, 4 ou 6 cylindres, boîtes de vitesses mécaniques, automatiques ou CVT, (Transmissions Variables Continues), ponts, consommateurs divers : pompes, compresseurs, alternateurs, consommateurs électriques, équipements de dépollution, systèmes d'admission et d'échappement complets, systèmes de refroidissement, programmes de thermique, programme de performances, intégration des lignes de puissance jusqu'aux roues, et programmes relatifs aux expérimentations "virtuelles" sur tel cycle choisi ou, sur tel tracé dessiné simulant un roulage sur terrain plat ou en pente ou à altitude variable. L'IFP devrait confirmer tout cela.

Il faudra simplifier tout cet ensemble dans l'engagement du travail, pour ne pas gaspiller, temps ou argent. Le **binôme IFP-IMAGINE** nous semble pour cette recherche le pôle à suggérer, le pilotage d'un tel programme étant assuré par Monsieur PINCHON, un grand ingénieur spécialiste dans ce domaine de la modélisation de fonctions complexes, un grand travailleur orienté sur la recherche.

Ils auront besoin de travailler avec des partenaires divers, notamment pour avoir des données d'entrées correctes de la part de constructeurs et équipementiers. Il nous semble aussi qu'il serait peut-être bon d'envisager la mise à contribution du **groupe Alstom**, qui a une expérience en calcul mais aussi en motricité électrique, une expérience aussi dans la dynamique des couplages thermique / électrique.

Une difficulté pressentie : la réserve de Renault Trucks dans la communication de données normalement propres à l'entreprise. Ceci doit pouvoir se résoudre avec respect et discrétion.

Autre partenaire à envisager, **Renault**, s'il y a, comme mentionné, un accord pour un partage du travail pour les hybrides entre le véhicule utilitaire de Renault et le petit camion hybride R.T. Il restera une interrogation touchant PSA Peugeot-Citroën. Ajoutons encore le besoin de quelques équipementiers capables de fournir des données pour certains de leurs produits..

10 – RAPPEL - OBJECTIFS SUCCINTS.

EVOLUTIONS ENVISAGEABLES POUR LES CAMIONS DU FUTUR.

La croissance des transports routiers de marchandises va se poursuivre dans les 20 prochaines années. Cette croissance sera importante et affectera les usagers des routes et autoroutes. Avec les innovations, avec les évolutions des technologies, avec le développement de la compétition internationale, avec l'agrandissement de l'espace européen, avec la poursuite des ambitions en kilométrages réalisés, tout cela pourrait presque conduire à un rejet du produit

"camion", concourir à de multiples critiques sociales, tant dans les corridors déjà très chargés que dans les zones urbaines.

Les critiques actuelles peuvent-elles s'effacer ? Oui, de notre point de vue, si l'effort dans les engagements de nouvelles dispositions était envisageable, aux plans de la recherche, de la technologie, de la réglementation en Europe. Cette remarque vaut pour le bruit, pour les émissions de particules, pour les émissions de gaz nocifs. Egalement la croissance assurée des problèmes énergétiques, tant pour les dégagements de CO₂ et l'effet de serre, que pour les consommations de pétrole, impose une cassure dans la pente du progrès continu assuré au fil du temps par toutes les entreprises.

Nos orientations ont été dirigées dans cet esprit, imposant une amélioration des connaissances et des validations expérimentales, c'est-à-dire un ensemble de programmes susceptibles de contribuer à l'engagement de décisions constructives.

Nous imaginons des progrès importants ou très importants derrière les recherches suggérées, mais nous sommes dans l'incapacité d'apporter des orientations raisonnables relatives au problème de la croissance du trafic, pour lequel nous voyons bien 2 approches additionnelles : le développement d'un ferroutage judicieux sur quelques grands axes, mais aussi, et sur quelques axes limités une conception de camions d'une soixantaine de tonnes qui pourraient alors réduire d' 1/3 le trafic considéré, sur les axes retenus pour de tels camions.

En conservant l'esprit global du camion, mais en ambitionnant des transformations importantes, nous sommes amenés à suggérer les points suivants :

- Pas de recherche immédiate en camion électrique, dans l'attente des progrès en préparation par les industriels des batteries, mais un suivi régulier des résultats de telle sorte que le camion urbain électrique soit considéré industriellement dès que possible.
- Un plan de recherche pour concevoir la meilleure des solutions pour des **utilitaires urbains hybrides**, autorisant une réduction des consommations de gazole voisines de 30 % selon nos évaluations, hors usage d'EMHV. Nous pensons là à des concepts présentant des synergies entre les réalisations des utilitaires dérivés de l'automobile en traction, et ceux dérivés des camions, en propulsion. La plage concernée étant voisine de 2,8 à 4,5 tonnes de PTR.
- Un plan de recherche pour un camion hybride urbain de milieu de gamme, par exemple dans la plage allant de 9 à 16 / 19 tonnes, le thermique étant à définir, essence ou Diesel, la motorisation électrique à rechercher, le tout pouvant peut-être permettre une conception nouvelle en facilité de chargement / déchargement, et attractive en énergie où nous situons un potentiel de gain de 30 %.

- Un plan de recherche pour un Diesel ou Diesel électrique. Nous suggérons un produit peut-être proche de 20 tonnes (PTRA) pour lequel il ne peut y avoir de choix rationnel en regard d'une multiplicité d'options. Parmi celles-ci nous suggérons un comparatif avec les réalisations actuelles de 3 concepts nouveaux :

- Un diesel électrique,
- Une conception impliquant 2 petits moteurs diesel, le second n'étant en service que sur demande de forte puissance, ces 2 moteurs étant couplés à une seule génératrice.
- Une conception thermique diesel, sans génératrice, mais à un seul "gros" moteur de cylindrée utile variable en fonction de la demande.

Un programme de modélisation devrait pouvoir aider dans les choix et autoriser ensuite une recherche orientée sur le concept le plus approprié.

- Une recherche importante relative au camion grand rouleur de 40 à 44 tonnes, pour lequel il est ambitionné la quintessence des divers rendements. Il s'agit d'une nouvelle structure de diesel innovant, couplé à une transmission la plus favorable en rendement, en recherchant la récupération maximale des pertes thermiques et aérodynamiques. Dans la conception imaginée nous envisagerions une gestion électronique de l'énergie dépensée, une gestion électronique de la thermique, un automatisme de management du moteur et de la transmission éliminant les défauts des conducteurs consommateurs. Les gains énergétiques devraient pouvoir avoisiner 25 %, soit aussi, en imaginant l'usage d'un **Ester Méthylique de Colza au taux de 30 %**, une consommation de **gazole** réduite de 52 % par rapport à la consommation actuelle.
- En considérant le **camion de 60 tonnes**, nous ne suggérons pas une recherche, au temps présent, mais une expérimentation ou évaluation qui serait à faire sur quelques 5 ou 6 véhicules. Une sécurité complémentaire pourrait peut-être s'envisager avec un pilote automatique complet ou en assistance locale selon les équipements des infrastructures.
- Une recherche spécifique dans le domaine du bruit des camions urbains. Non en reconduisant des technologies "usuelles" mais en innovant.
- Une recherche en aérodynamique nous paraît souhaitable dans le cas du grand rouleur de 40 / 44 tonnes, en conservant la surface de chargement actuelle, mais en escomptant une petite évolution réglementaire relative à la longueur du camion équipé. Les artifices ou écrans pourraient être exploités pour améliorer la compatibilité camion / voitures, accroître l'amortissement, lors de chocs avec encastrement.
- Dans le domaine de la sécurité il existe maintenant une multitude d'équipements efficaces, permettant de faire de grands progrès, de réduire les renversements, réduire les "mises en portefeuille", gagner en stabilité, mais les équipements seraient chers, peut-être évitables. Nous suggérons une augmentation des validations en comportement pour améliorer la sécurité active, sur les nouveaux produits. Nous n'avons pas souligné les effets des artifices "intelligents" récents comme la conduite automatisée du fait de l'introduction d'un tel véhicule routier probablement début 2006.

- Un programme de recherche spécifique de modélisation du camion du futur. Agir avec "force" n'est pas communément une solution. Les développements les plus prometteurs sont le fruit de bonnes recherches et de la fertilisation croisée de différentes disciplines. Les recherches proposées impliquent presque toutes un bon usage des sciences de la complexité et des algorithmes simplificateurs qui donnent naissance à de bonnes orientations, rationnellement sélectionnées. Nous proposons que de telles modélisations scientifiques soient développées, bien adaptées au domaine des camions puis exploitées pour des choix rationnels en regard d'une pluralité d'options.

"L'avenir ne s'attend pas, il se prépare" rappelions-nous dans l'avant-propos de notre étude et nous disposons pour cela d'un contexte favorable :

La culture publique du long terme, et un engagement public évident,
Notre capacité d'innovation,
Le dynamisme d'entreprises de toutes tailles,
Le potentiel scientifique existant en France,
Un besoin urgent d'innovations pour le bien public comme pour le soutien de notre économie, en ce qui concerne le camion.

Septembre 2004.

