



**Déclaration d'intention pour un projet intégré
de voiture électrique à batterie**

Projet VÉRITÉ : Voiture Électrique à Recharge Instantanée et Économique

Les expériences du passé l'ont démontré : toute seule, la voiture électrique ne peut pas réussir. Pour la voir circuler bientôt, il va falloir fédérer de nombreuses énergies : les Administrations centrales, les Pouvoirs publics, les industriels et les exploitants. L'INRETS, qui possède des compétences adéquates en Sciences pour l'ingénieur et en Sciences humaines et sociales, a un rôle important à jouer dans le cadre de ses missions : faire valoir les enjeux et les motivations d'un tel projet, prendre une part active à son pilotage et à son exécution, inciter les partenariats et fédérer les différents acteurs, démontrer la faisabilité et la viabilité ...

Exposé des motifs - cadrage

La concentration de gaz à effet de serre dans l'atmosphère terrestre a aujourd'hui atteint un niveau qui commence à produire des changements climatiques. Ce niveau doit être considéré comme une limite à ne pas dépasser et il est urgent de mettre en œuvre dès maintenant les mesures qui permettront de réduire les émissions mondiales le plus tôt possible.

En France, les émissions de GES des transports routiers, principalement de CO₂, ne cessent de croître et il est inévitable que ce secteur devra les diminuer très fortement pour atteindre l'objectif de division par 4 ou 5 des émissions nationales d'ici 2050.

Par ailleurs le développement économique des très grands pays asiatiques va entraîner une raréfaction et un renchérissement des ressources fossiles; pourraient ainsi être "épuisés" le pétrole vers 2020, le gaz naturel avant 2050 et le charbon d'ici la fin du siècle.

Une généralisation rapide de l'énergie électrique pour les transports routiers semble donc incontournable.

Eu égard à l'état actuel de développement des technologies énergétiques et aux contraintes de coût, la pile à combustible ne rentre pas dans ce projet car son application éventuelle, notamment aux véhicules lourds, se situe à échéance beaucoup trop lointaine. Le projet sera donc limité au cas des véhicules légers, et en particulier à la voiture alimentée par batterie d'accumulateurs ou de piles chimiques.

Les grands objectifs du projet - conditions

La voiture électrique a déjà fait l'objet de plusieurs opérations de démonstration mais elle n'a été commercialisée qu'à un très faible nombre d'exemplaires pour deux raisons essentielles : sa faible autonomie et son surcoût, en comparaison aux modèles à moteur thermique.

⇒ Pour réussir, la voiture électrique doit être polyvalente.

Elle permet déjà, avec une autonomie qui peut dépasser 150 km, d'assurer la majorité des déplacements quotidiens, voire hebdomadaires. Cependant les trajets de longue distance posent le problème de la recharge de la batterie qui est mal accepté car elle doit être effectuée plusieurs fois et prend beaucoup trop de temps. Il faut donc étudier et résoudre ce problème :

- **Premier objectif : la recharge de la batterie ne doit pas prendre plus de temps que pour faire un plein d'essence et sa fréquence doit être faible.**

⇒ La voiture électrique doit être peu coûteuse.

Aujourd'hui le coût de la batterie seule est presque équivalent à celui du reste du véhicule et en outre sa durée de vie est seulement de quelques années. Il faut, grâce aux effets d'échelle, mais nécessairement aussi à l'aide de mesures fiscales, réduire le prix de vente de cette voiture :

- **Deuxième objectif : la voiture électrique, batterie comprise, doit coûter moins cher à l'achat que le modèle à moteur thermique.**

Pour atteindre les objectifs du projet, plusieurs opérations doivent être menées :

- créer au sein de l'INRETS une équipe-projet dont la première tâche sera de préciser le contenu (phasage des travaux), les moyens nécessaires et les partenariats pressentis;
- créer un Comité de pilotage du projet, constitué à l'origine de représentants de l'INRETS, des Ministères (Recherche, Industrie, Développement durable), des

Agences d'objectifs (ANR, ADEME, ANVAR) et des associations comme l'AVERE et le CEREVEH;

- lancer et gérer un appel à idées auprès des industriels et exploitants concernés;
- effectuer une opération de démonstration : développer une petite flotte de véhicules avec son infrastructure de distribution d'énergie.

Éléments techniques

▪ Conception générale du véhicule électrique

Pour permettre une "recharge instantanée", l'architecture et la structure du V.E. sont conçues pour l'échange rapide d'un "pack batterie" à guidage automatique, avec des connexions électrique et éventuellement fluïdique (avec système d'auto-étanchéité) automatiques.

Au niveau de l'infrastructure de distribution de l'énergie, des stations-service disposeraient de packs préchargés qui seront installés sur le véhicule grâce à un dispositif mécanique (semi-) automatique à définir (chariot automoteur ?).

Le "pack batterie" et son logement dans les V.E. doivent être standardisés. Pour faciliter les opérations logistiques, le pack serait de forme parallélépipédique rectangle.

Les technologies de moteur électrique étant relativement abouties, les recherches porteront surtout sur :

- le stockage de l'énergie électrique et le dispositif de "recharge";
- la récupération des énergies (cinétique du véhicule et calorifiques de la batterie, du moteur et de son dispositif de contrôle);
- l'allègement du véhicule (structure et matériaux);
- les auxiliaires pour les prestations de confort (chauffage et climatisation); pour la climatisation, un système fonctionnant grâce aux calories récupérées pourrait être étudié .

Si le volume occupé par le pack est une donnée d'entrée, la conception générale peut s'inspirer du schéma bouclé :

⇒ [Volume du pack, technologie de batterie] ⇔ [masse du pack, énergie électrique] ⇔ [masse du V.E., performances et autonomie] ⇒

▪ Performances

Le cahier des charges va s'inspirer de celui des modèles à moteur thermique. Le couple élevé du moteur électrique à faible vitesse de rotation devrait permettre d'abaisser fortement la puissance maximale installée, si en outre :

- on ne s'intéresse, dans un premier temps, qu'au cas d'itinéraires à faibles pentes de la route (majorité des utilisations);

- on décide de limiter la vitesse maximale à 110 km/h par exemple, ce qui pourrait être une règle générale dans quelques années (Programme national de lutte contre le changement climatique).

L'autonomie serait de l'ordre de 200 km; une analyse statistique (à compléter peut-être par une enquête) est à effectuer pour fixer un chiffre.

- **Matériaux**

Qu'il s'agisse du véhicule (chassis, carrosserie ...) ou de la batterie, une attention particulière sera portée au choix des matériaux par une vision à long terme des ressources mondiales disponibles, qui va de pair avec les contraintes économiques.

- **Batterie et "recharge"**

La R&D de la batterie et des infrastructures de recharge associées va reposer entièrement sur le choix du couple batterie + supercapacités (récupération d'énergie nécessaire pour augmenter l'autonomie).

Le choix de la batterie tiendra compte de critères relatifs aux coûts (matériaux, fabrication, recharge ou régénération, durée de vie, recyclage ...), à l'encombrement (espace consommé), à l'autonomie (énergie massique) et à l'aptitude à la récupération de chaleur (refroidissement par eau ?).

La batterie sera constituée soit d'accumulateurs rechargeables (Pb-acide, NiCd, NiMH, Li-ion ...), soit de piles chimiques régénérables (Zn-air par exemple), soit d'une combinaison des deux (il y aurait alors deux packs). Dans le premier cas, les stations-service pourraient être équipées de plusieurs chargeurs, ce qui nécessite une forte puissance électrique installée. Dans le second cas, elles seraient approvisionnées en batteries régénérées en usine et transportées par camions. Le premier et le troisième cas autorisent une recharge "lente" lors du stationnement (domicile, travail, parking).

- **Outils d'évaluation et d'orientation des choix**

Une ou deux configurations de V.E. (masse, performances et prestations, coûts et prix de vente estimé ...) seront retenues pour faire l'objet d'un prédéveloppement, à l'issue d'une évaluation complète.

Différents couples batterie + supercapacités seront étudiés, pour aboutir au choix de quelques solutions à caractériser (comportement physique sur des cycles d'essai).

Une large place sera accordée à la simulation informatique (le LTE dispose d'un outil opérationnel), ce qui nécessite au préalable d'avoir étudié les conditions d'usage des V.E. et d'avoir mis au point des cycles d'essai.

Pour cela il faut prévoir une enquête et une série d'expérimentations sur des V.E. en circulation :

- enquête pour déterminer les différents types d'usages et les attentes des utilisateurs de V.E., sur un échantillon qui comprendrait surtout des particuliers;
- instrumentation et recueil des données de fonctionnement en conditions réelles, sur des V.E. sélectionnés.

Les cycles d'essai serviront de référence pour les tests de batteries (sur un banc spécifique), de véhicules complets (sur un banc à rouleau) et éventuellement de moteurs électriques (sur banc moteur). Le LTE dispose des bancs et des équipements nécessaires.

Éléments politiques

La décision politique va jouer un rôle primordial dans l'impact des résultats et dans l'efficacité des retombées de ce projet.

En particulier, le deuxième objectif qui porte sur le prix de vente du V.E. ne pourra être atteint que moyennant des subventions de l'Etat à l'achat du véhicule, à hauteur suffisante. Par exemple la mise en place d'une fiscalité sur les véhicules à moteur thermique (émissions de CO₂) permettrait de trouver une source de financement.

D'autre part des mesures réglementaires impliquant des décisions au niveau des collectivités locales, apparaissent nécessaires. Par exemple des zones urbaines de plus en plus étendues pourraient faire l'objet de restriction (péages ...), voire d'interdiction de circulation aux véhicules non électriques.

Partenaires à préciser

Equipe-projet INRETS :

- LTE (EPA, VEH) : mesures sur V.E., cycles d'essai, simulations des V.E., choix de batteries (post-doctorant électrochimie), essais sur bancs (batteries, moteurs et véhicules complets).
- LTN : batteries, supercapacités
- DEST : statistiques de déplacements, enquêtes

Laboratoires de recherche

Electrochimie

Industriels :

Constructeurs de véhicules (petite série).

Fabricants d'accumulateurs, de piles, de supercapacités.

Recyclage d'accumulateurs, régénération de piles.

Exploitants :

Distributeurs d'énergie, stations-service.

Collectivité locale :

Paris (projet de zone interdite à la circulation), pour l'opération de démonstration.