

**Réunion « Groupe transverse »  
20 janvier 2010**

# **Ordre du jour proposé**

**16h Exposé sur le thème**

« La voiture électrique: passé, présent et futur »

Par François Chéry

**17h30 Atelier de travail sur le thème :**

« L'avenir du véhicule automobile »

**19h Fin de la réunion**

**BREVE  
HISTOIRE  
DE LA  
VOITURE ELECTRIQUE**



PARIS-BORDEAUX-PARIS  
1895

La JEANTAUD électrique  
accumulateurs  
FULMEN

# La Jeantaud électrique 1895



# PARIS-BORDEAUX-PARIS 1895



**PANHARD-LEVASSOR**

1200 Km-48H48mn-25Km/h

Pour produire une puissance  
d'un cheval pendant une heure  
il faut:

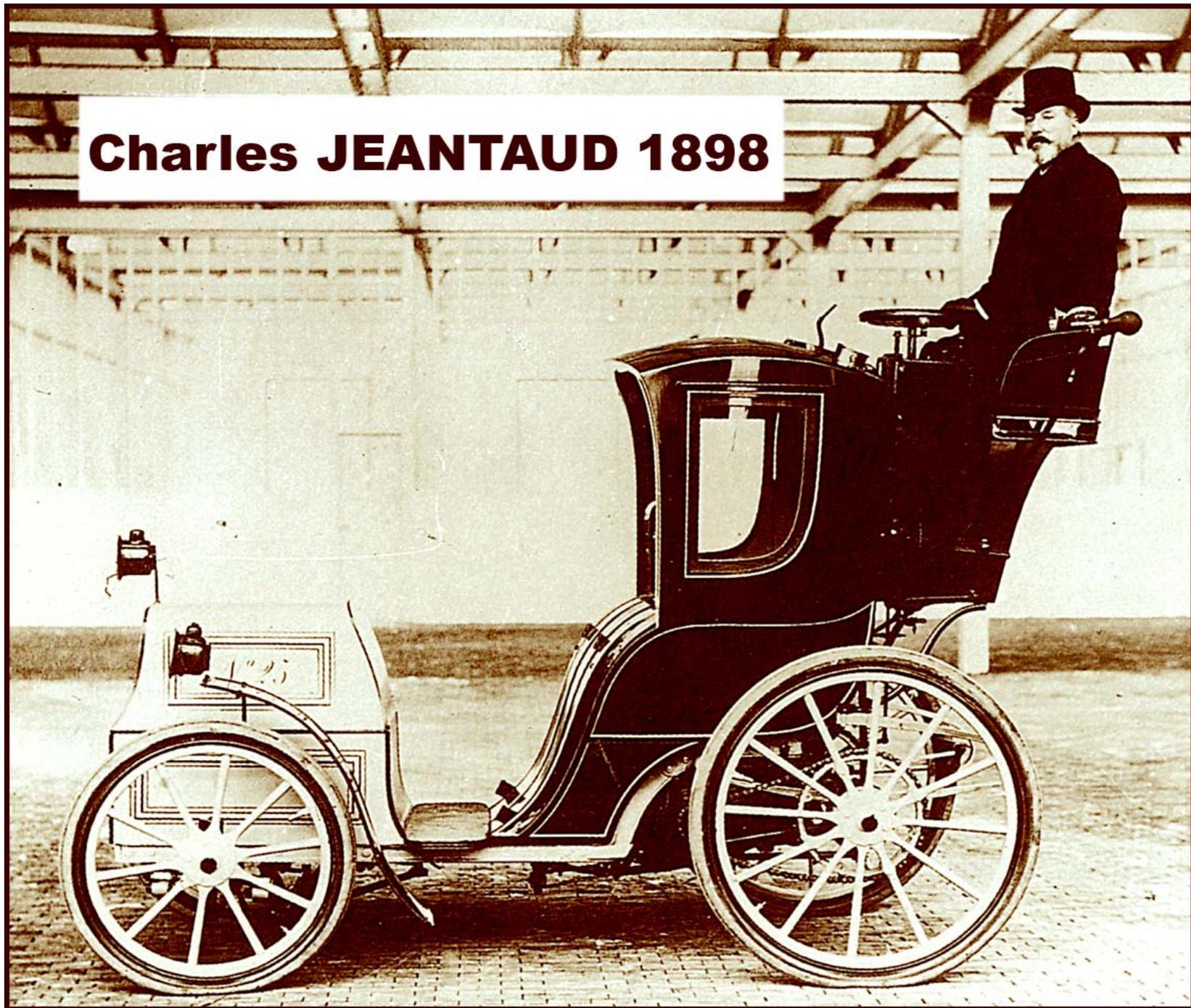
400 g de Gazoline

3 Kg de charbon + 20 Kg d'eau

100 Kg de batteries

Pour une quantité d'énergie  
embarquée équivalente  
le « réservoir »  
est 250 fois  
plus lourd pour la  
voiture électrique en 1895

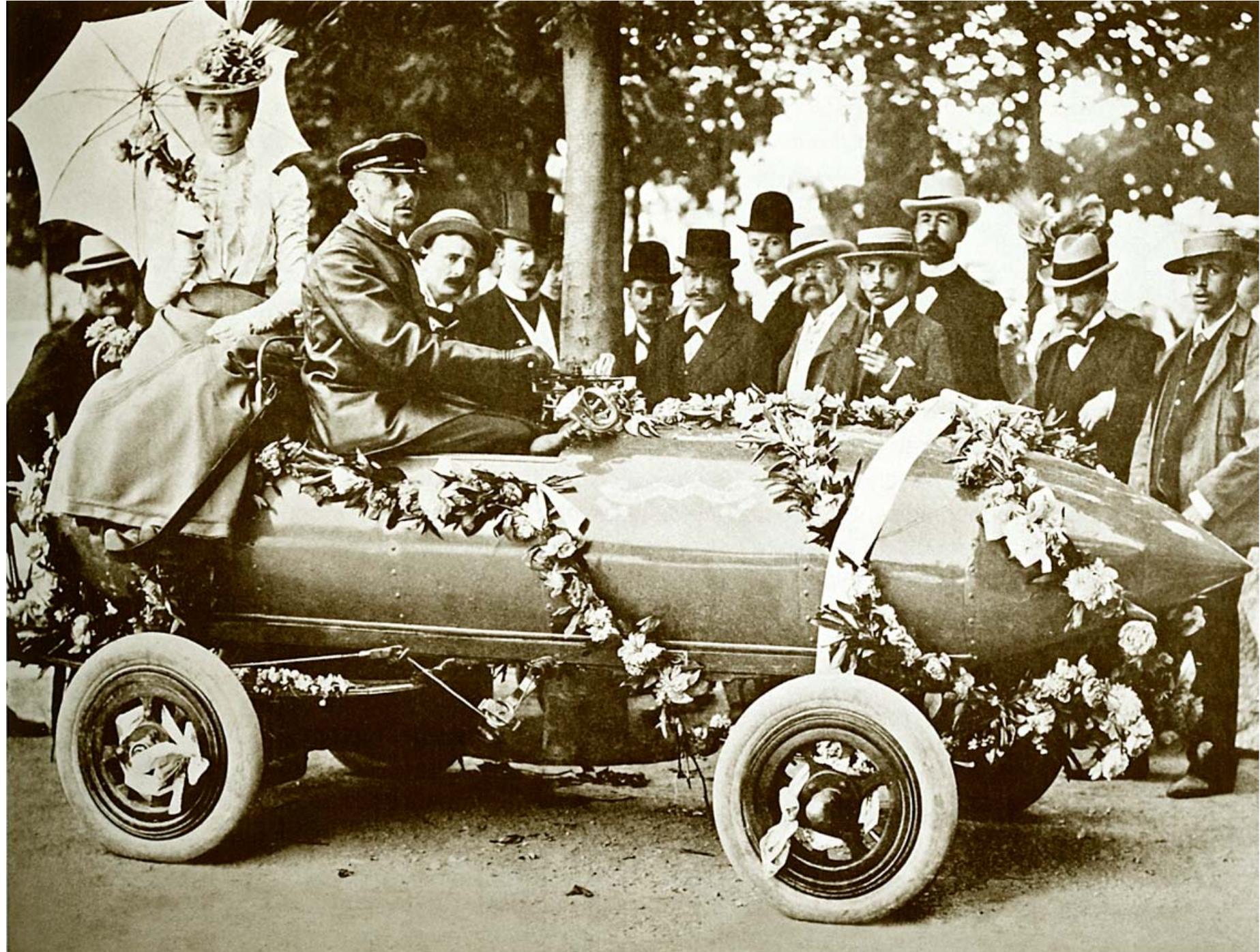
**Charles JEANTAUD 1898**



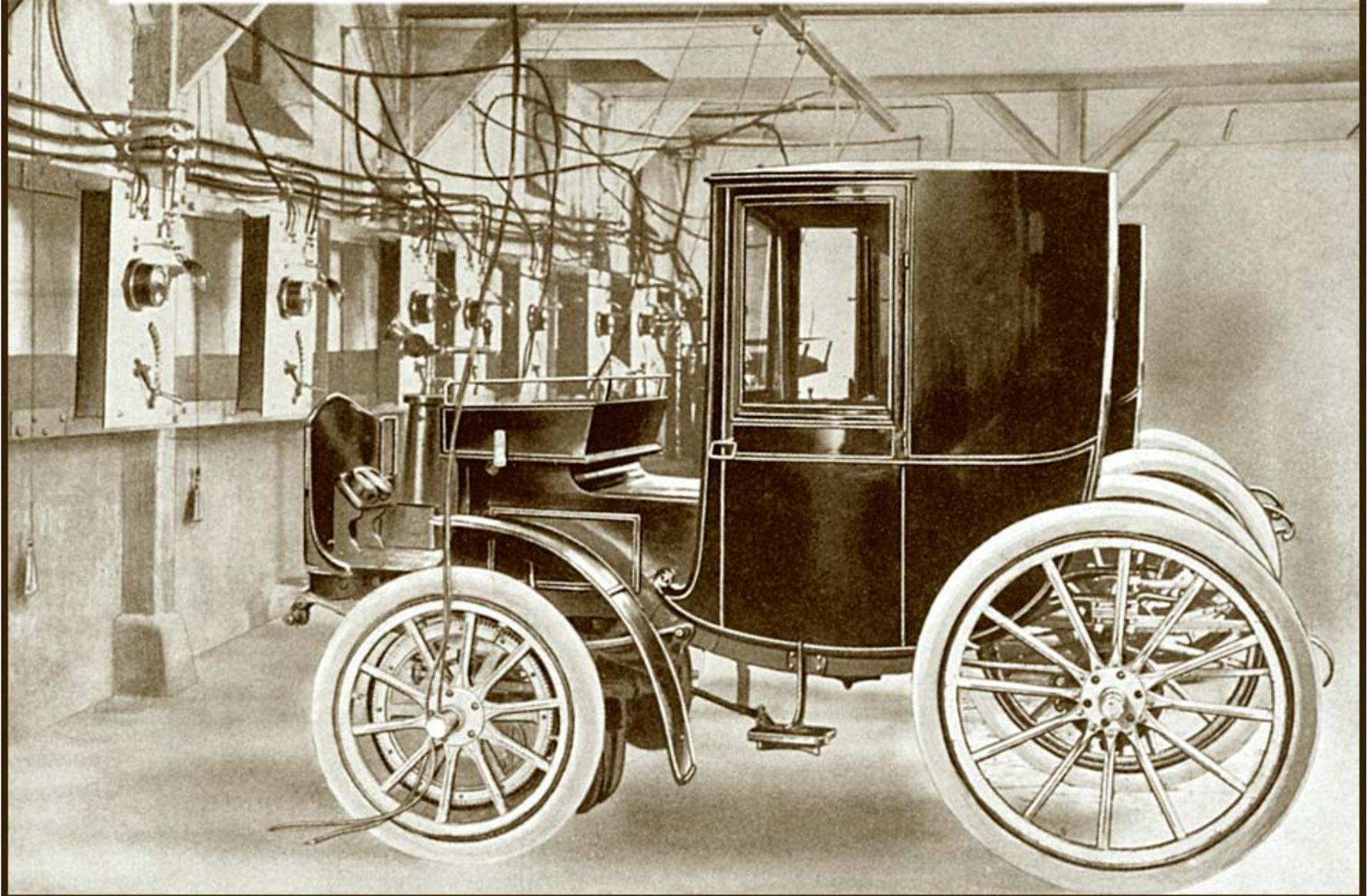
Samedi 29 avril 1899

Camille JENATZY  
et la  
JAMAIS CONTENTE

105,882 Km/h



# Station de taxis **KRIÉGER**

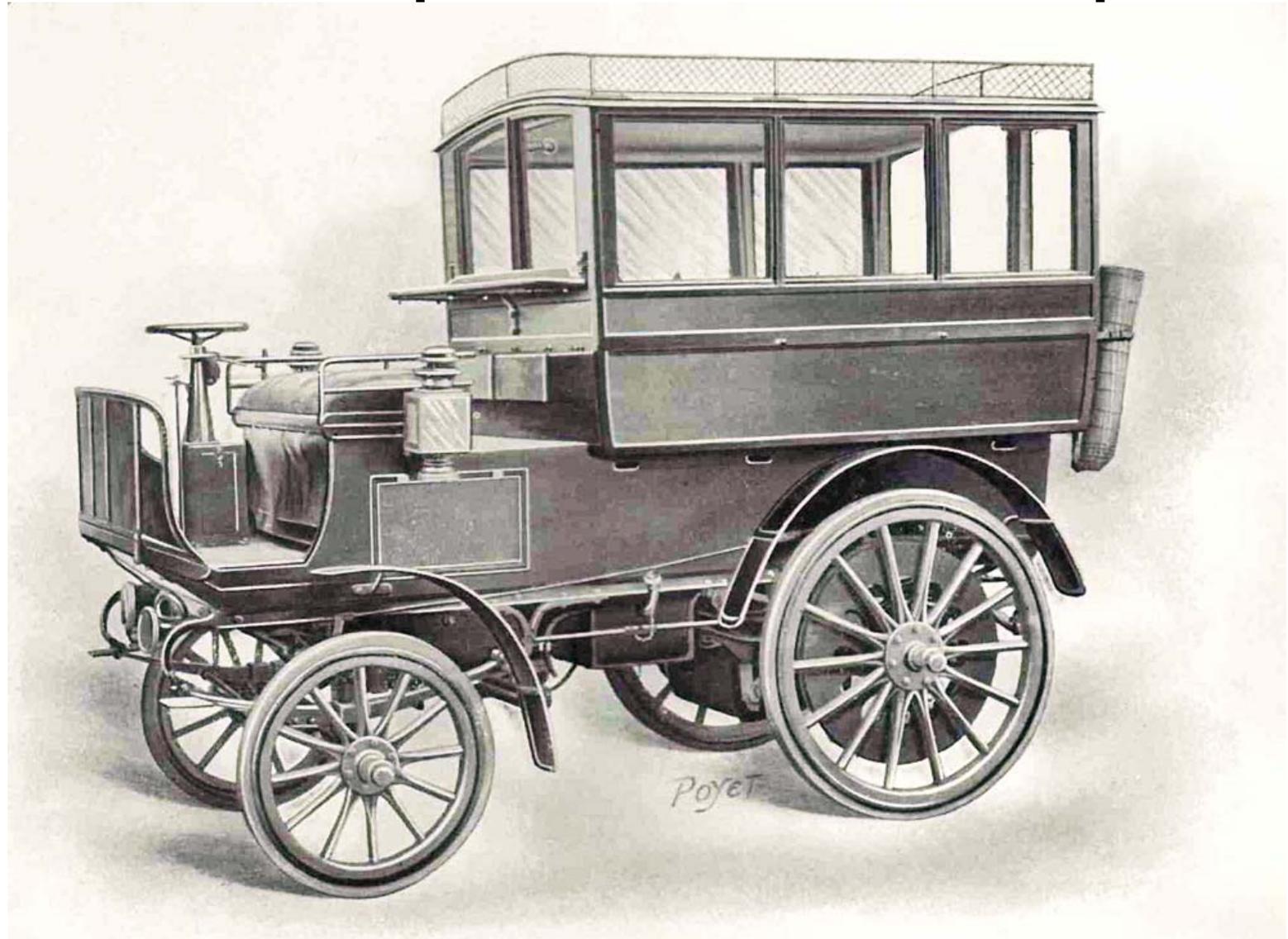




**Voitures postales MILDÉ**

# Charles MILDÉ

## Voiture pétroléo-électrique



# EDISON ElectricCar 1913



# PARIS-MADRID 1903



du 17 au 27 OCTOBRE 1913



*P. P. P.*  
1913 CHATELAIN, PARIS

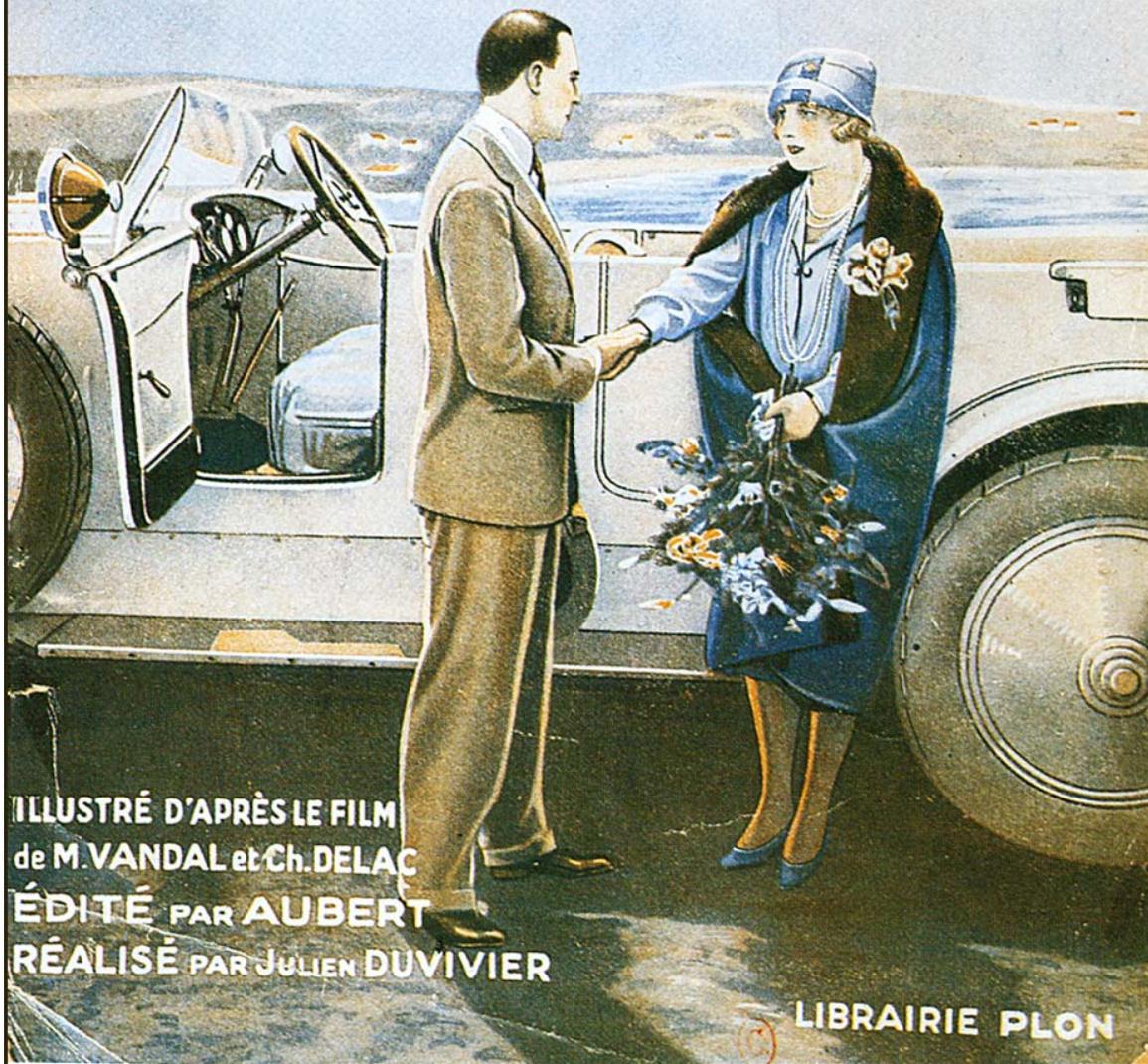
XIV<sup>e</sup> EXPOSITION INTERNATIONALE  
**DE L'AUTOMOBILE**  
du CYCLE et des SPORTS  
GRAND PALAIS DES CHAMPS-ÉLYSÉES

8<sup>e</sup> Y<sup>72</sup>  
46481

PRIX 3 Frs

PIERRE FRONDAIE

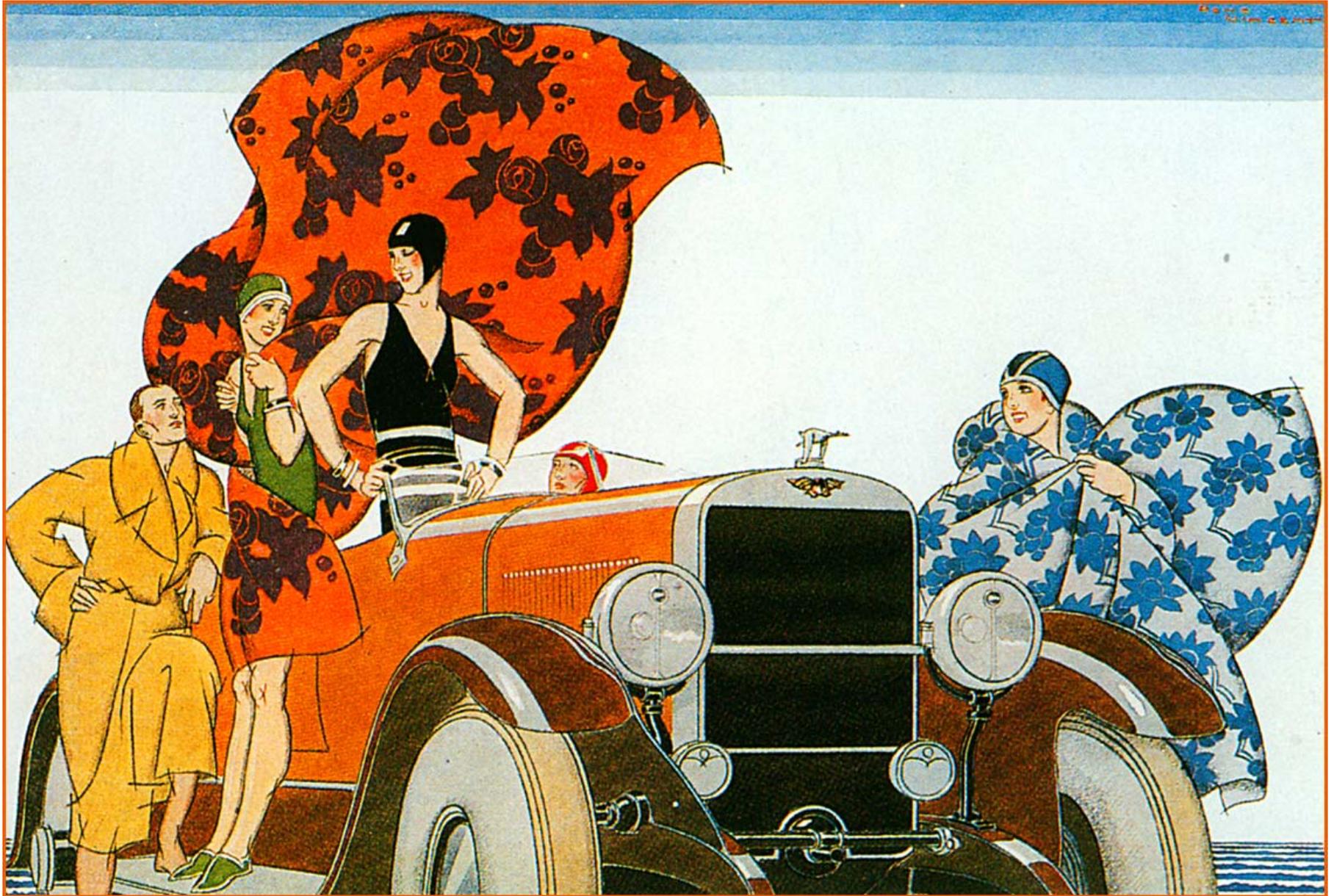
# L'HOMME À L'HISPANO



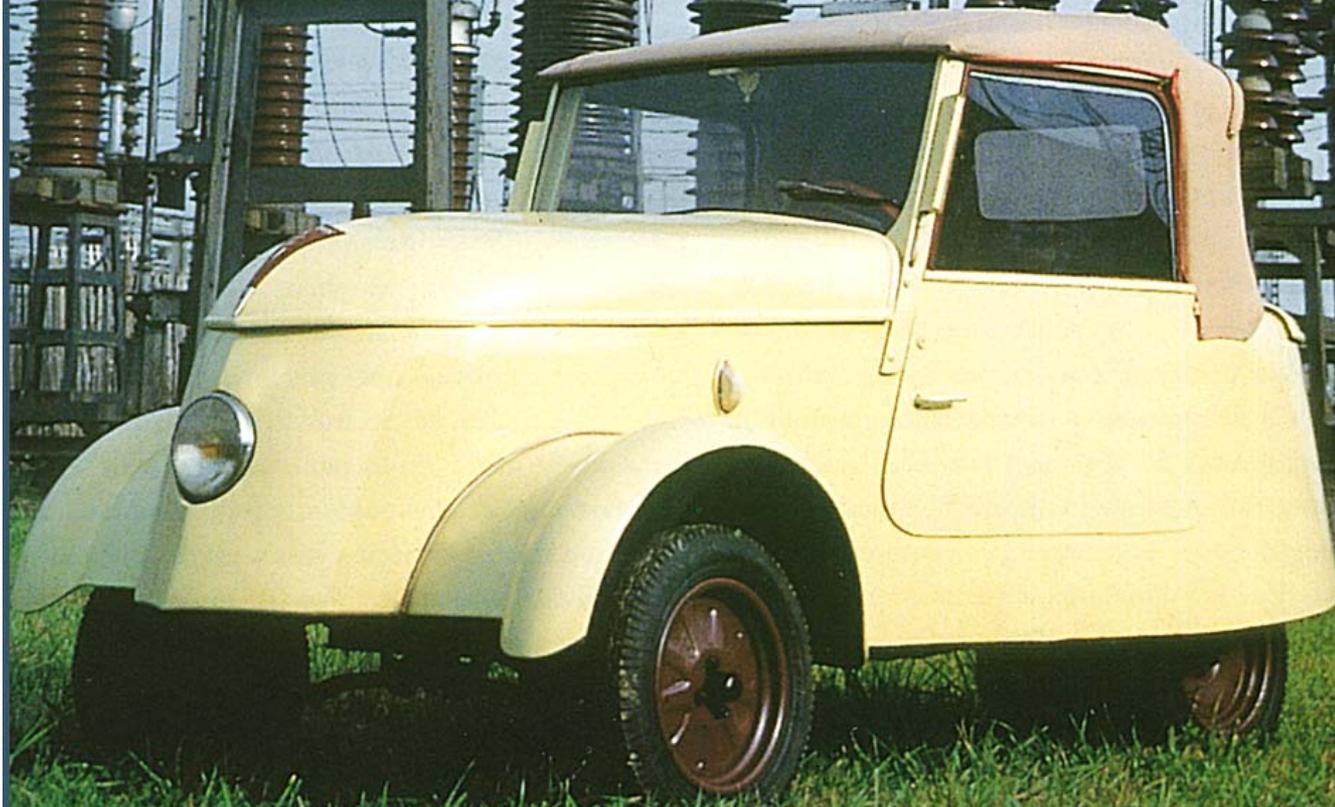
ILLUSTRÉ D'APRÈS LE FILM  
de M. VANDAL et Ch. DELAC  
ÉDITÉ PAR AUBERT  
RÉALISÉ PAR JULIEN DUVIVIER

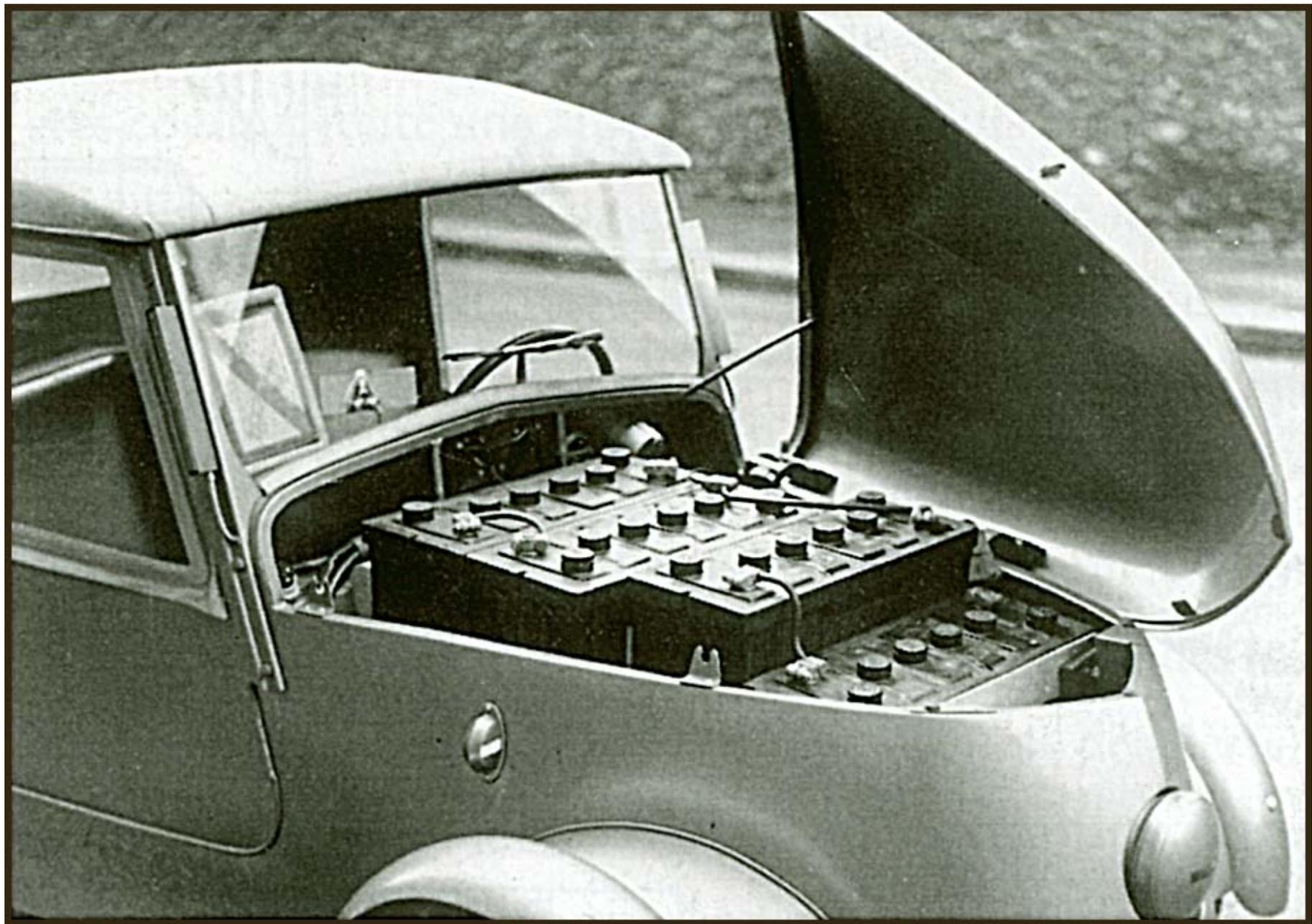
LIBRAIRIE PLON

# HISPANO-SUIZA



# PEUGEOT VLV





# Mildé-Kriéger 1942

## La LICORNE



RETOUR  
SUR  
40 ANS  
1967 - 2007

## TORREY CANYON

Le pétrolier naufragé déverse 118 000 tonnes de brut dans la Manche, qui se répandent sur les côtes françaises et britanniques.



## 1<sup>er</sup> CHOC PÉTROLIER

La pénurie de pétrole et l'augmentation de son prix entraînent la mise en place de politiques d'amélioration du rendement énergétique et la diversification des sources d'énergie.

## SEVESO

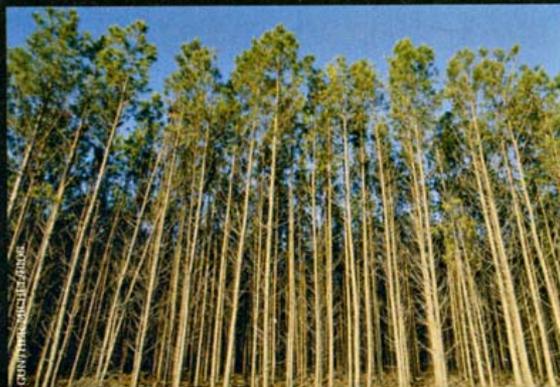
Un nuage toxique s'échappe d'un réacteur d'une usine chimique, en Italie. Pas de victimes humaines mais une catastrophe écologique: plus de 3 000 animaux domestiques morts intoxiqués, près de 70 000 têtes de bétail abattues, contamination des sols agricoles.

1967

1968

## LA BIOSPHERE EN QUESTION

L'Unesco organise à Paris la 1<sup>re</sup> conférence intergouvernementale d'experts sur les bases scientifiques de l'utilisation rationnelle et de la conservation des ressources de la biosphère.



1969

1970

1971

1972

## « LES LIMITES DE LA CROISSANCE »

Ce rapport publié par le Club de Rome, réalisé par une équipe du Massachusetts Institute of Technology dirigée par Dennis H. Meadows (photo), prône la maîtrise de la croissance pour freiner l'épuisement des ressources naturelles.

## POLLUEUR-PAYEUR

L'OCDE institue le premier principe qui prend en compte l'environnement dans un contexte économique.

## 1<sup>ER</sup> SOMMET DE LA TERRE

À Stockholm se tient la 1<sup>re</sup> conférence des Nations unies sur l'interaction écologie-économie et le développement des pays du Sud.

1973

1974

1975

1976

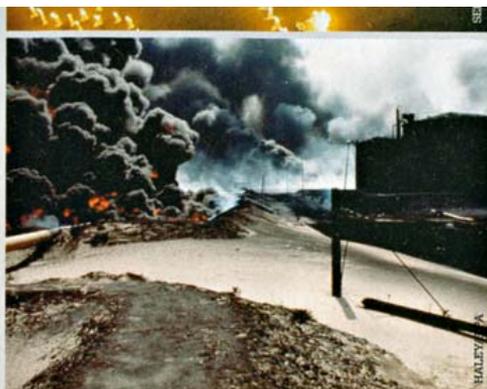


## 2<sup>e</sup> CHOC PÉTROLIER

Avec la révolution iranienne et la guerre Iran-Irak, le prix du pétrole s'envole.

## AMOCO CADIZ

Le naufrage du pétrolier cause une marée noire sur les côtes du Finistère: 223 000 tonnes de froul sont déversées.



## BHOPAL

L'explosion d'une usine de pesticide, en Inde, est la plus grande catastrophe industrielle à ce jour. Elle tue plusieurs dizaines de milliers de personnes.



## TCHERNOBYL

L'explosion thermique d'un réacteur de la centrale nucléaire ukrainienne libère une quantité exceptionnelle de radioactivité dans l'atmosphère, provoquant une contamination à grande échelle et des milliers de morts.

1977

1978

1979

1980

1981

1982

1983

1984

1985

1986

## LE « DÉVELOPPEMENT DURABLE »

L'Union internationale pour la conservation de la nature publie un rapport intitulé « La stratégie mondiale pour la conservation » où apparaît pour la première fois la notion de « développement durable », traduite de l'anglais « sustainable development ».



## LA DIRECTIVE « SEVESO »

Cette directive demande aux États et aux entreprises d'identifier les risques liés à certaines activités industrielles et de prendre les mesures qui s'imposent pour y faire face.



## GRO HARLEM BRUNDTLAND

(photo) dirige la Commission mondiale de l'environnement et du développement créée par l'ONU. La commissaire norvégienne publie en 1987 le rapport « Notre avenir à tous », qui décrit la politique nécessaire pour parvenir à un développement durable.



## HUGO

Le cyclone Hugo est le plus violent qu'aient connu les Antilles. La Guadeloupe est particulièrement touchée avec 23 morts et 21 000 sans-abri. Le coût des réparations s'élève à plus de 120 millions de francs.

## EL NIÑO

Le phénomène climatique El Niño, qui se produit au large de l'Amérique du Sud, provoque des catastrophes en chaîne : inondations, sécheresses, tempêtes. Outre la disparition des coraux, il cause des milliers de morts et des dégâts estimés à plusieurs milliards d'euros.

1987

1988

1989

1990

1991

1992

1993

1994

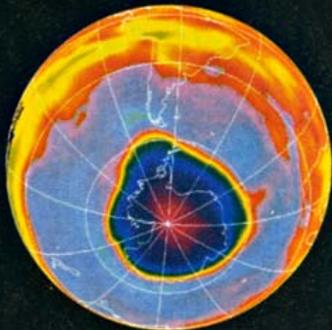
1995

1996

1997

## LA COUCHE D'OZONE

Signature par vingt-quatre pays du protocole de Montréal sur la protection de la couche d'ozone. Objectif : réduire de 50 % d'ici à 1999 les émissions de CFC (chlorofluorocarbones).



## SOMMET DE RIO

Le deuxième Sommet de la Terre, à Rio de Janeiro, précise la notion de « développement durable ». Plus de 170 pays adoptent le programme Agenda 21, un programme d'actions pour le XXI<sup>e</sup> siècle orienté vers le développement durable qui énumère quelque 2 500 recommandations. 153 pays signent la Convention cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC), qui a pour objectif de stabiliser la concentration des gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère.

## KYOTO

Signature du protocole de Kyoto. Les pays signataires développés ou en transition vers une économie de marché, comme la Russie, acceptent globalement de réduire de 5,5 % leurs émissions de gaz à effet de serre en 2012 par rapport au niveau atteint en 1990. Les six gaz visés sont considérés comme la cause principale du réchauffement climatique des cinquante dernières années.

FILIBERTO ANTONIOGAMMA



## LA TEMPÊTE DU SIÈCLE

Deux tempêtes balaient la France et une partie de l'Europe, anéantissant le réseau électrique et dévastant une grande partie des forêts.



## AZF

L'explosion d'un stock de nitrate d'ammonium dans l'usine de Toulouse entraîne la mort de trente personnes et de lourds dégâts matériels.

## KATRINA

L'ouragan s'abat sur les côtes de Louisiane aux États-Unis. La ville de La Nouvelle-Orléans, construite sous le niveau de la mer, entourée par le Mississippi au sud et le lac Pontchartrain au nord, est inondée à 80% suite à la rupture du système de digues de 7 m de haut qui la protège. Katrina est la tempête la plus chère de l'histoire américaine avec un coût dépassant les 80 milliards de dollars.

1998

1999

2000

2001

2002

2003

2004

2005

2006

2007

## JOHANNESBURG

Sommet mondial sur le développement durable, à Johannesburg. Plus de cent chefs d'État, plusieurs dizaines de milliers de représentants gouvernementaux et d'ONG ratifient un traité prenant position sur la conservation des ressources naturelles et de la biodiversité.

## LA CHARTE FRANÇAISE

La France décide de constituer une commission pour rédiger une charte constitutionnelle de l'environnement. La charte sera adoptée en février 2005.

## RAPPORT STERN

Le rapport rendu par l'économiste Nicholas Stern (photo) conclut que si d'ici à 2050, le monde ne consacre pas chaque année au moins 1% de

ses revenus à la réduction des émissions de gaz à effet de serre, l'économie planétaire pourrait perdre entre 5 et 20% de son PIB.



D. LYNCH/FINANCIAL TIMES/REA

## GRENELLE

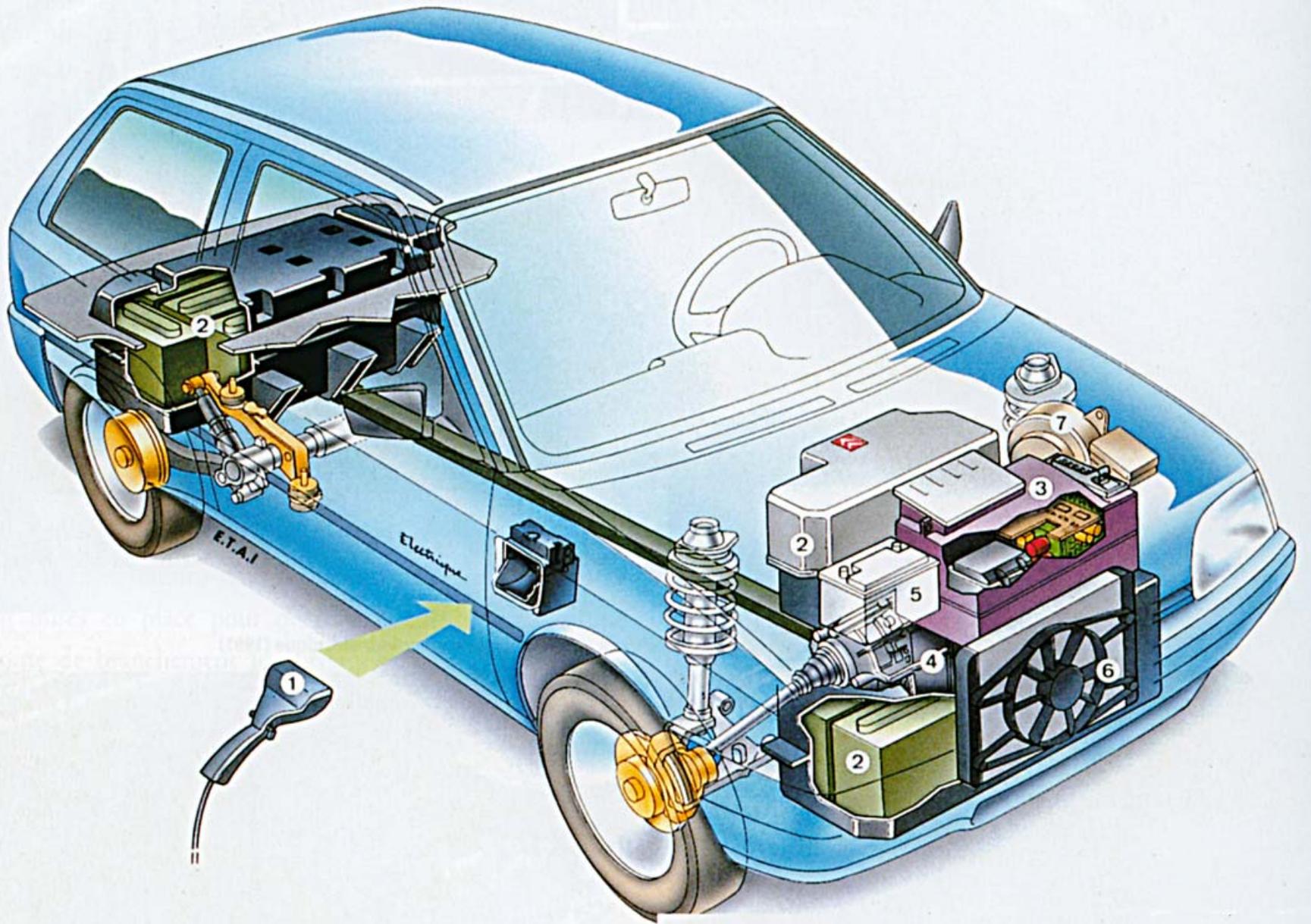
de l'Environnement : en France, l'État se réunit avec la société civile pour définir une feuille de route en faveur de l'écologie, du développement et de l'aménagement durables.

## AL GORE

(photo) et le Giec reçoivent le prix Nobel de la paix pour « leurs efforts en faveur de l'environnement ».



SHAWN THREWTERA



1995

TULIP

Transport Urbain  
Libre Individuel Public

# Le RELAIS



le mobile:  $L=2m20$



$H=1\text{m}60-L=1\text{m}40$



# Le communicateur





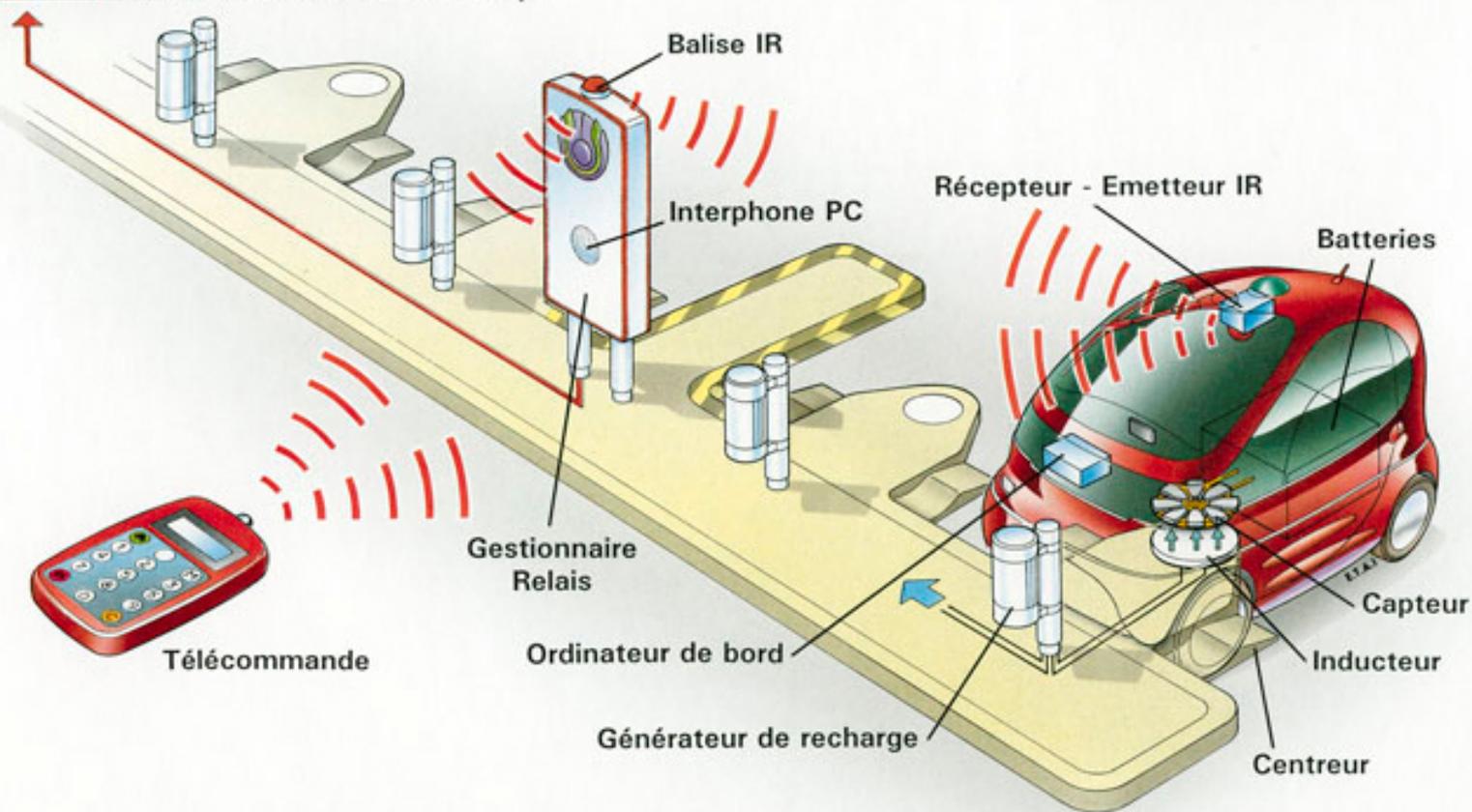




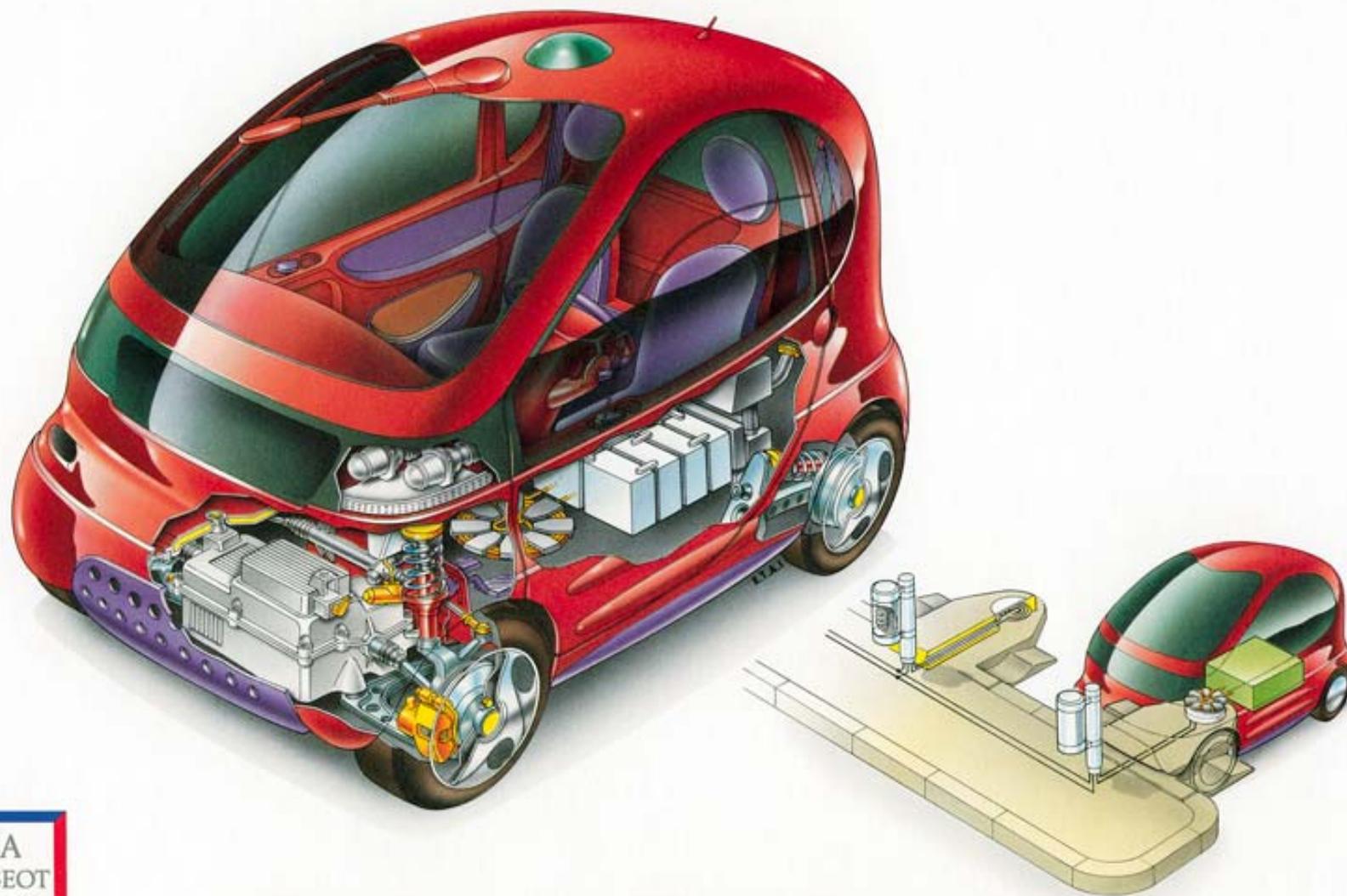


PC Tulip

Radiotéléphone GSM



# TULIP - CONCEPT DE MOBILITÉ URBAINE



PSA  
PEUGEOT  
CITROËN

**MOBILE TULIP - CHARGE PAR INDUCTION**

# Centre historique



# Esplanade



# L'Aéroport



# Gare multimodale



# Caisses TULIP ( Hypermarché )







LES  
DOUTES  
ET  
LES  
DECEPTIONS

# LISELEC



DES NOTIONS NOUVELLES

BILAN énergétique

et

BILAN CO<sub>2</sub>

du PUITIS à la ROUE

# Bilan des rendements du PUITIS à la ROUE

 Primary energy efficiencies		Liquid Pathway (ICEV)	Electron Pathway (BEV)
Plant-to-Tank	Plant efficiency	83%	35-42%
	Transmission & Distribution		92%
Tank-to-Wheels		18-23%	65%
Plant-to-Wheels (life-cycle)		15-19%	21-25%

**Table 1.** Comparative primary energy efficiencies of ICEVs and BEVs across the plant-to-wheels life-cycle.

# BILAN CO2 du PUITTS à la ROUE

Bilan « du puits à la roue » pour une voiture particulière en gCO<sub>2</sub>/km

Source d'énergie	Du puits au réservoir <sup>1</sup>	Du réservoir à la roue <sup>2</sup>	Emissions totales
<i>Essence / diesel</i>	20 à 35	120 à 180	140 à 210
Electricité - mix France	15 à 20	0	15 à 20
Electricité - mix Europe	90 à 110	0	90 à 110
Electricité - mix monde	120 à 140	0	120 à 140

Source: EDF

<sup>1</sup> Correspond aux dépenses énergétiques nécessaires pour disposer du stock d'énergie embarqué

<sup>2</sup> Correspond aux dépenses énergétiques prélevées dans le stock d'énergie embarqué

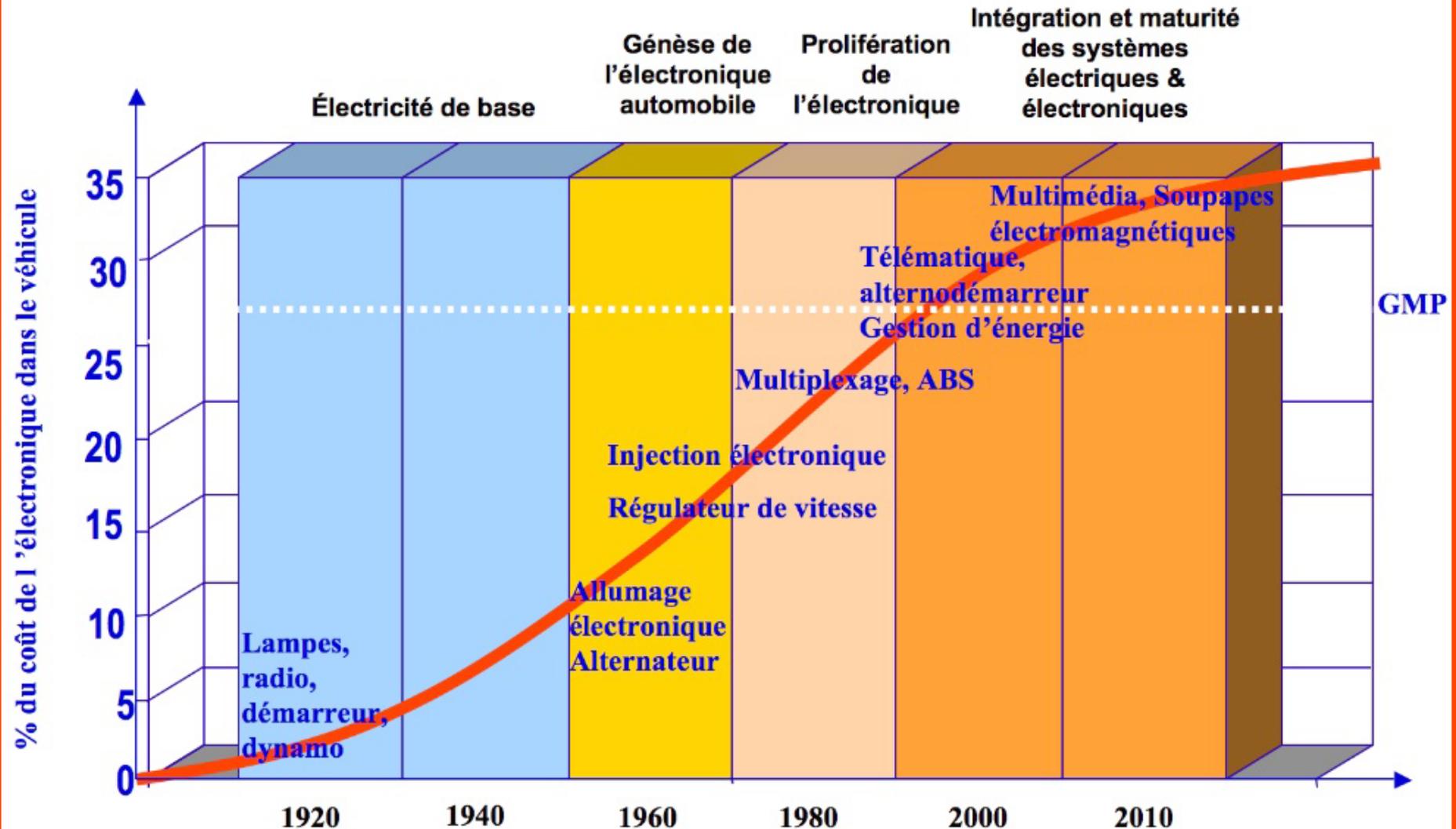
*Ce genre de comparaison doit cependant être interprété avec beaucoup de prudence :*

# La PROGRESSION de L'ÉLECTRIFICATION

Des accessoires  
aux systèmes embarqués  
jusqu'à  
la voiture intelligente et  
communicante

# Coût de l'électronique

Extrait de la présentation de Joseph Beretta / PSA - 16 et 17 Juin 2003 – <http://www.systemes-critiques.org/SECC/>



# La voiture hybride

## La gestion des énergies

**New** Toyota Hybrid Unveiled



**HYBRID SYNERGY DRIVE**



**TOYOTA**



Prototype vehicle shown with optional equipment. (Production model may vary.)

Fig. 3 - Montage sur le moteur thermique dans l'Insight 2008  
(document Honda)



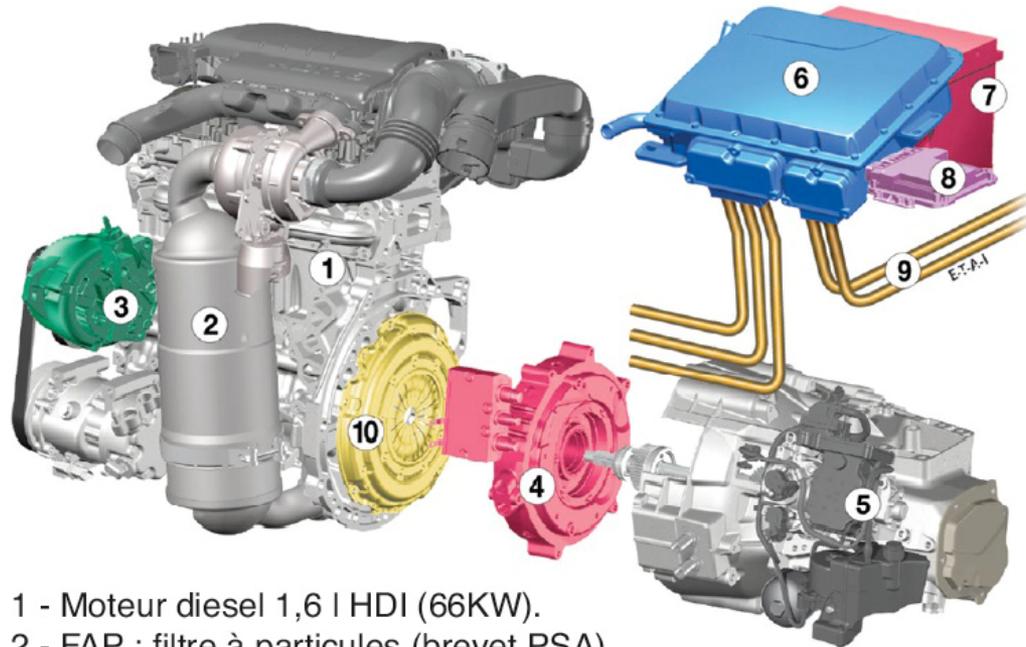
Moteur thermique

Machine électrique

Fig. 4 - Motorisation Hybrid HDi de PSA (document PSA)

Détail de l'ensemble moteur / boîte de vitesses

PEUGEOT 307 >Hybride HDi< CITROËN C4

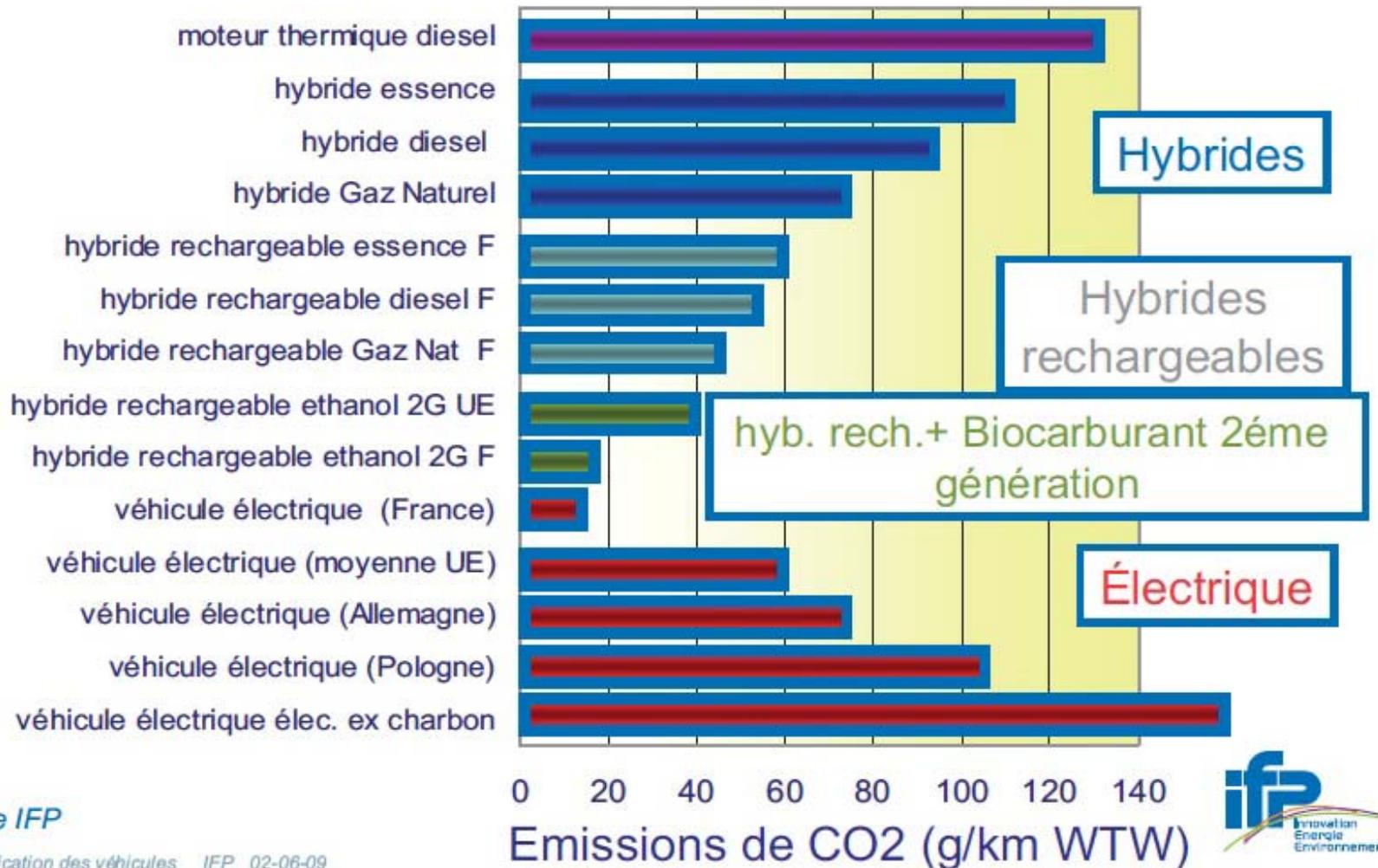


- 1 - Moteur diesel 1,6 l HDi (66KW).
- 2 - FAP : filtre à particules (brevet PSA).
- 3 - Système Stop&Start.
- 4 - Machine électrique 16 kW.
- 5 - Boîte de vitesses pilotée à 6 rapports.
- 6 - Electronique de puissance (Onduleur et convertisseur haute tension). Onduleur : converti la haute tension (288V) en triphasé pour alimenter le moteur électrique. Convertisseur : transforme la haute tension (288V) en 12 V pour alimenter le réseau de bord
- 7 - Batterie 12V.
- 8 - Superviseur chaîne de traction hybride (PTMU).
- 9 - Câbles électriques haute tension.
- 10 - Embrayage.

# (WTW)

## Emissions CO2 en g/km

Émissions de CO<sub>2</sub> du puits à la roue



Source IFP

# L'INCOMPARABLE DENSITÉ ÉNERGÉTIQUE des carburants

1 litre d'essence

10 kWh

65 KG de batteries li-ion

Pour une quantité d'énergie  
embarquée équivalente  
le « réservoir »  
est encore 100 fois  
plus lourd pour la  
voiture électrique en 2009

Une rupture technologique  
est nécessaire  
pour résoudre le problème  
de la capacité  
des batteries

LA  
QUESTION  
DES INFRASTRUCTURES

A hand wearing a grey sweater and a brown wristband is holding a black fuel nozzle with a silver metal tip. A black hose is attached to the nozzle. The background is plain white.

**50 litres-2 mn  
puissance équivalente**

**15 MW**

50 litres en 2 mn

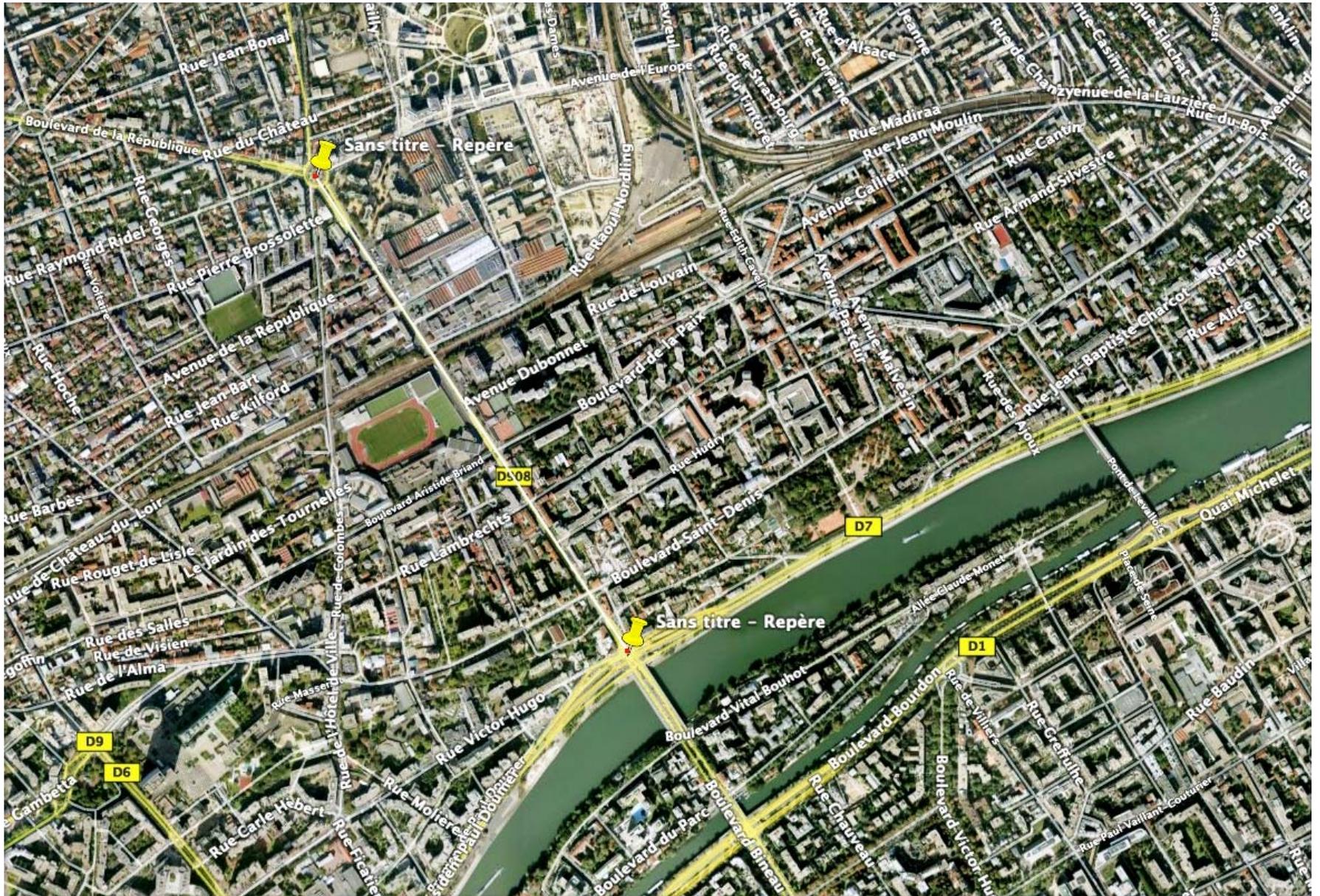
1500 litres à l'heure

1 litre = 10 kWh

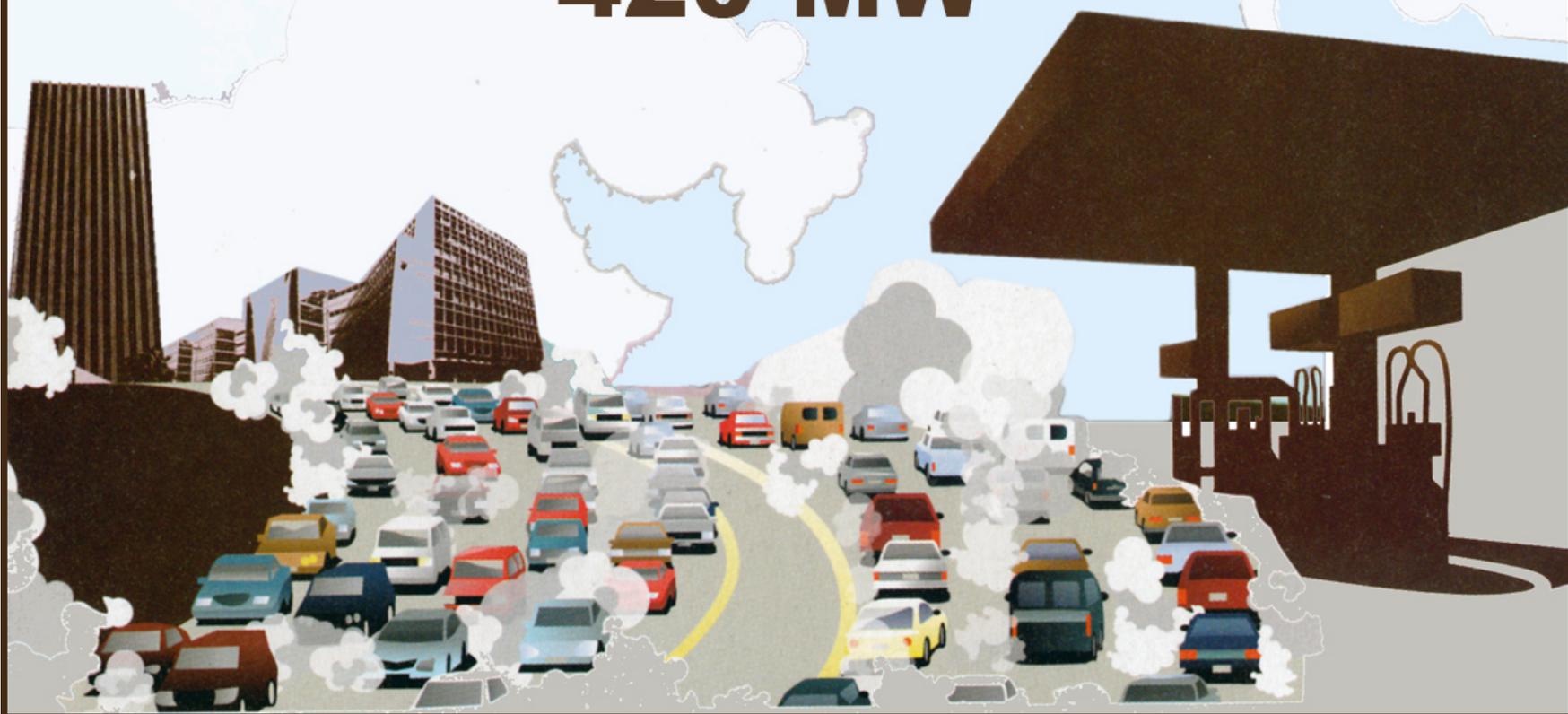
Puissance = 15000 kW

soit 15 MW

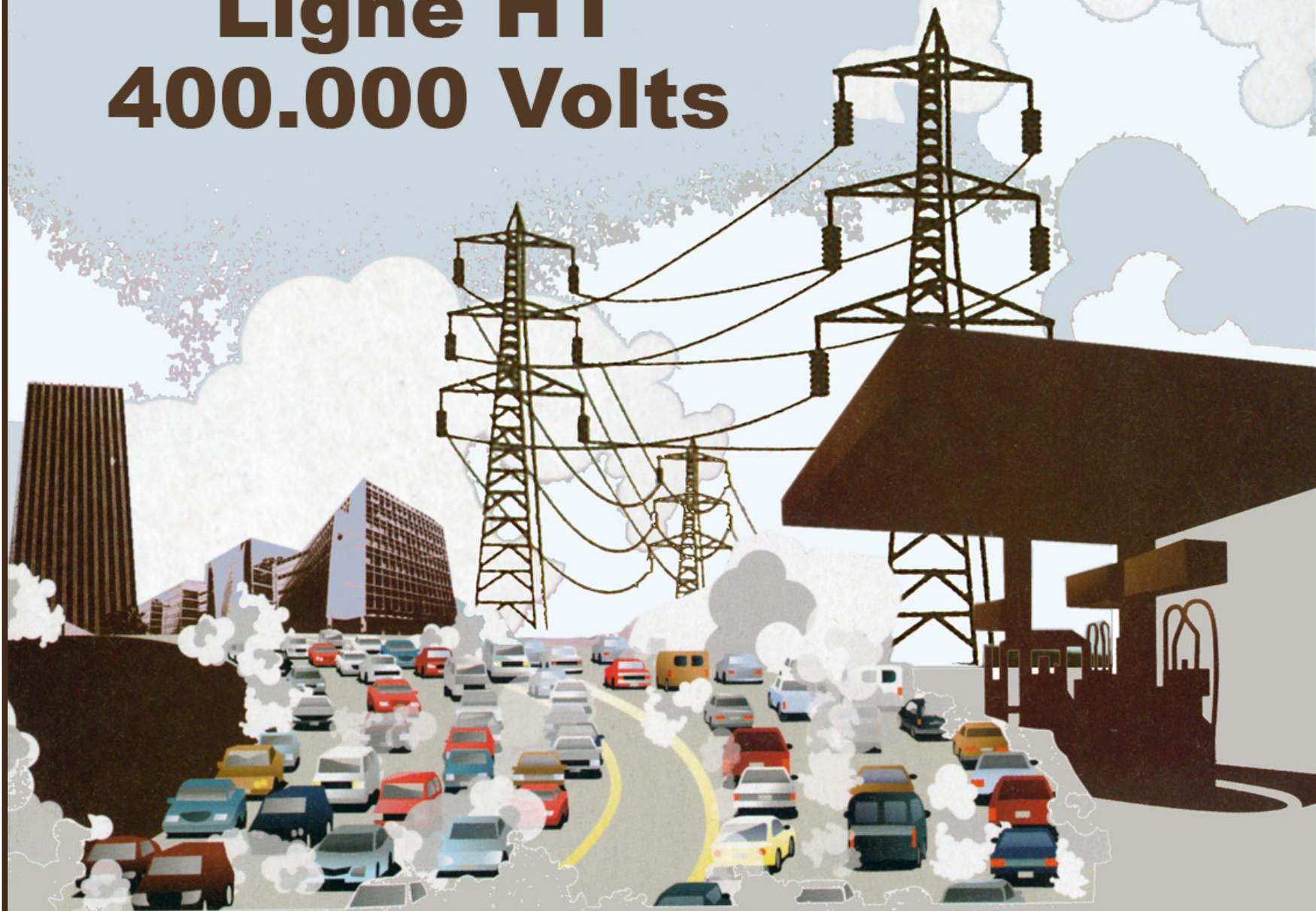
# Bd de Verdun COURBEVOIE



**3 stations services**  
**28 distributeurs**  
**puissance équivalente**  
**420 MW**



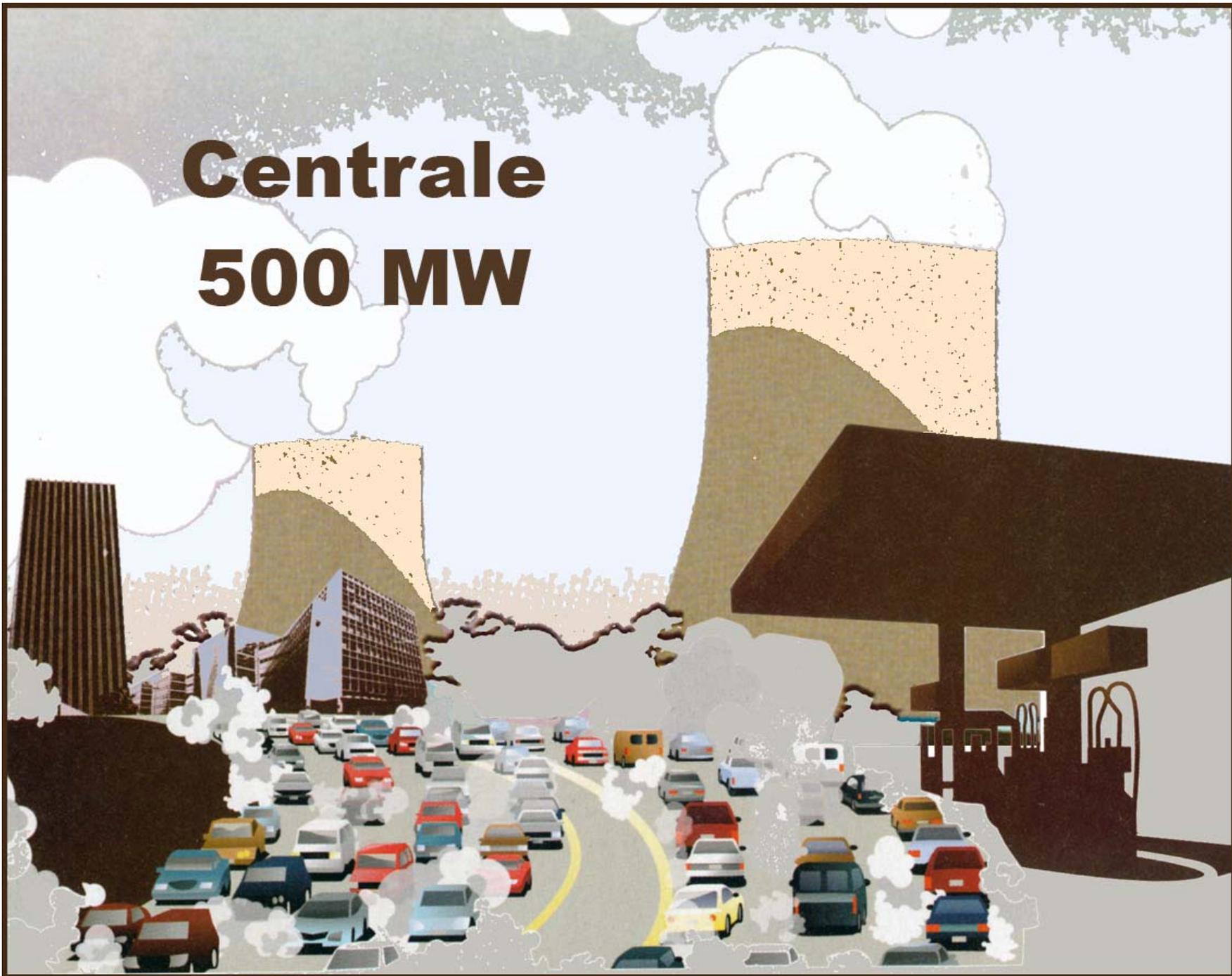
# Ligne HT 400.000 Volts



**168  
Eoliennes  
de 2,5 MW**



# Centrale 500 MW



LES CARBURANTS  
LIQUIDES  
RESENT  
INCONTURNABLES

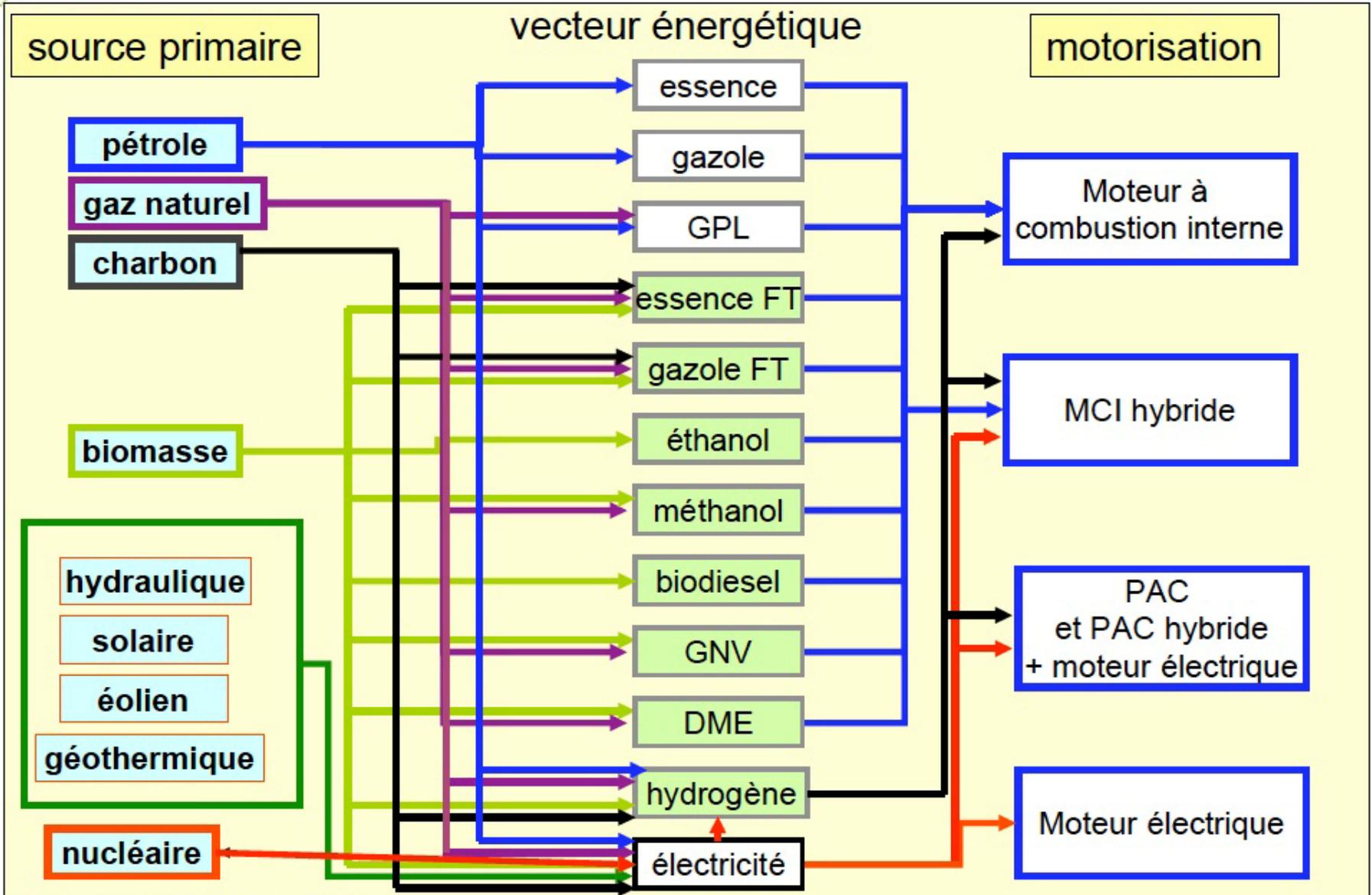


**Ferroutage dans la vallée de la Maurienne entre la France et l'Italie. Le transport, premier contributeur aux émissions de GES, parie sur le report modal.**











le procédé  
**FISCHER-TROPSCH**

Les  
voitures  
de  
demain

DOSSIER LES CONSTRUCTEURS PRÉPARENT DES MODÈLES SPÉCIFIQUES

# L'ÉLECTRIQUE

## Tout le monde y croit!

Pour la première fois dans l'histoire de l'automobile la voiture électrique semble avoir un avenir. C'est pour cela que les constructeurs investissent dans le domaine.

**Peugeot**



**E008 > Début 2011**

**EXCLUSIF** **Auto Plus**

Comme pour ses 4x4 (Citroën C-Crosser et Peugeot 4007), PSA se tourne vers le japonais Mitsubishi pour créer un modèle électrique cette fois. Lancé cette année au Japon, l'i-Miev, à bloc de 47 kW (soit 64 ch), servira à la Peugeot (et, pourquoi pas, à une Citroën ?). Le Lion se contentant de redessiner ses courbes à sa façon.

**Renault**



**Micro-électrique > 2012**

Cette microcitadine viendra compléter l'offre électrique du Losange qui accueillera également une berline tricorps, genre Laguna.



**Kangoo be bop Z.E. > 2011**

Renault annonce déjà 100 km d'autonomie avec ce prototype et prévoit 160 km lorsqu'il arrivera en phase de commercialisation.

Quelques idées reçues sur la voiture électrique

**> 100% écolo ?**

Son fonctionnement est plus écolo qu'une auto thermique, puisqu'elle ne rejette pas de CO<sub>2</sub>. Mais attention à l'électricité qui recharge ses batteries : issue du nucléaire, pas de rejets, mais des déchets provenant d'une centrale à charbon ou à pétrole (comme dans beaucoup de pays), le bilan est plus contrasté...

**> 100% silencieuse ?**

A basse vitesse, c'est le cas, on n'entend presque rien. Mais au-dessus de 50 km/h, le bruit de roulement est, à peu de choses près, le même que celui qu'émet une voiture disposant d'un moteur à combustion. En effet, le son provenant du bloc thermique devient alors secondaire.

**> Demain, pour 100% des automobilistes ?**

En fait, même les plus optimistes des experts ne parlent que de 15% du parc automobile, à l'horizon 2030. Ce passage à l'électrique se fera surtout dans les zones urbaines ou péri-urbaines. En effet, ce type de véhicule offre un usage limité sur grands parcours (autonomie réduite des batteries).

**3008 HY4 > 2011**

Au volant de ce prototype, le passage du diesel à l'électrique (et inversement) se fait sans bruit. Un écran permet de visualiser en direct la technologie employée.



**L'hybride du Lion**

Peugeot croit en l'hybride-diesel. Son modèle moteur électrique « pile » transformé pourrait à terme être adapté à de nombreuses autos. Ainsi équipée, la 3008 sera la première à essayer les piles. Nous avons pu conduire le prototype qui donnera naissance à un modèle de série dans vingt mois.

Le Lion travaille en ce moment à réduire le plus possible les rejets polluants (de 109 g/km de CO<sub>2</sub> actuellement, à espérer atteindre les 100 g/km). Avec ce système (moteur électrique + diesel 2.0 HDi de 150 ch) et une finition haut de gamme, la 3008 pourrait (selon nos estimations) être proposée à partir de 34000 €.





Arrêt photo devant chaque monument de la capitale. Qu'importe ! L'i-MiEV a dans ses soutes assez de lithium-ion pour lui autoriser 160 km d'autonomie.



**La WILL d'HEULIEZ  
et ses "Roues-actives"  
MICHELIN**

# L'ÉLECTRIQUE

# Entre mythe

# et réalité

Lequel croire? Winterkorn, boss de VW, qui table sur 2% de voitures électriques en 2020? Ghosn, bien plus optimiste, qui avance 10% à la même échéance et convertit peu à peu Renault à la fée survoltée pour devenir leader mondial? Difficile de savoir. À Francfort, l'automobile électrique a franchi le cap, dépassé le stade des intentions. Reste que derrière la révolution industrielle qui se dessine, le développement de l'infrastructure, la propreté de la production d'électricité et le modèle économique de l'auto électrique restent en suspens.

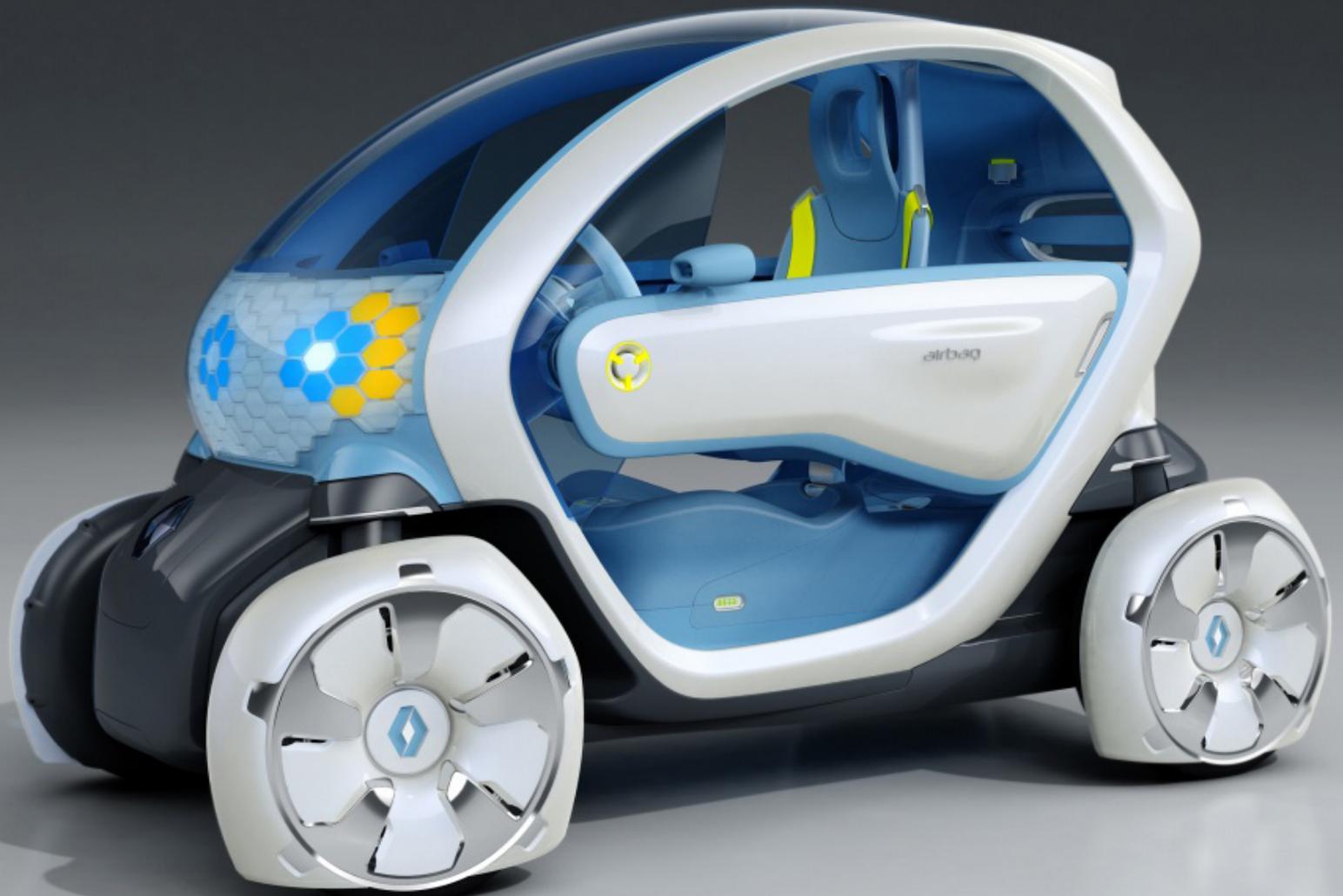
Ultra-citadine, polyvalente, de grand tourisme: à Francfort, l'automobile électrique a montré tous ses visages. Mais son développement reste encore très incertain.

Textes Christophe Aubry,  
Florian Chopin et Stany Meurer  
Photos Florian Grout, Yann  
Lefebvre et Christian Martin



LES ACTUS DU SALON  
EN DIRECT SUR  
journal.fr

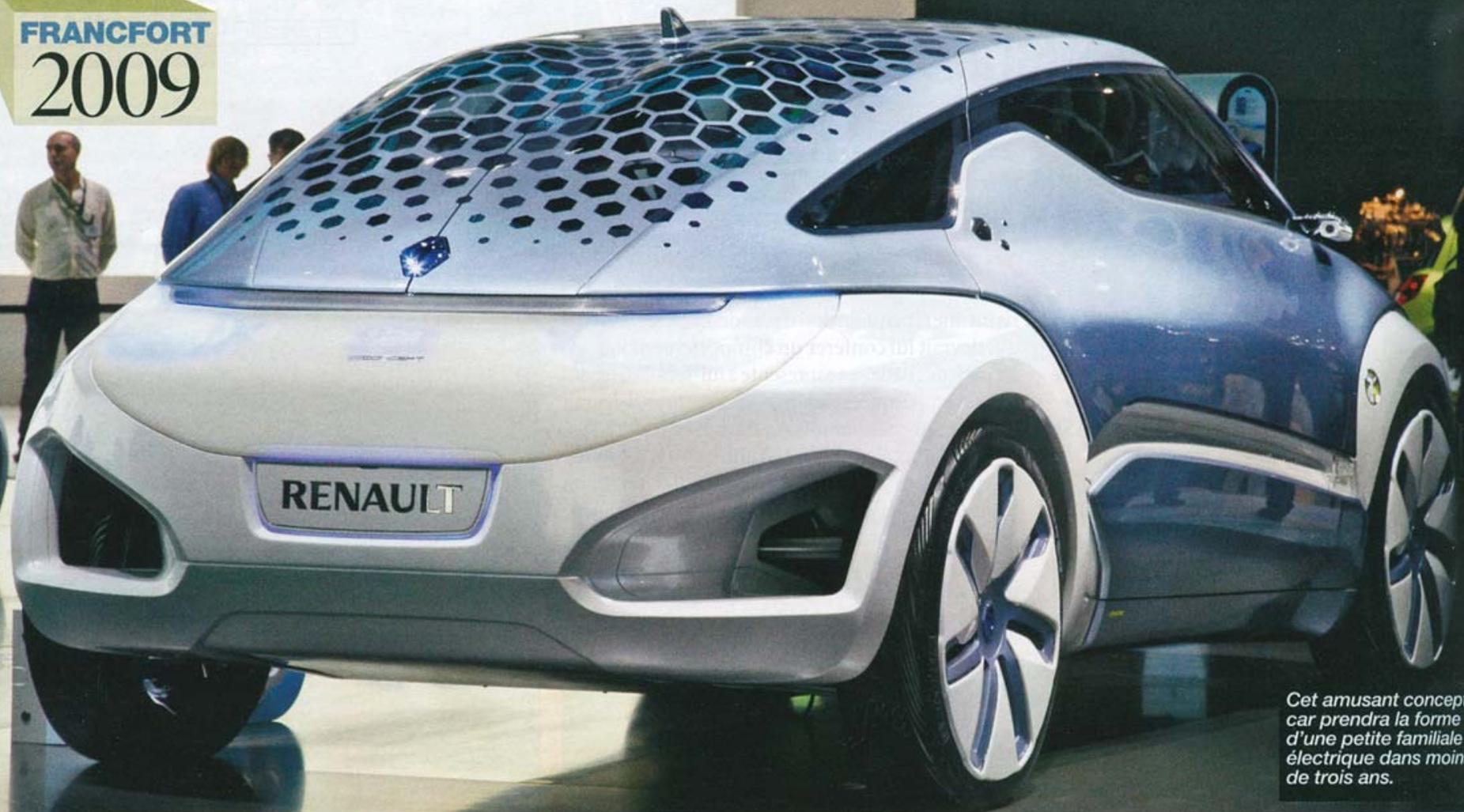
# RENAULT TWIZY



**BB 1**



FRANCFORT  
2009



*Cet amusant concept car prendra la forme d'une petite familiale électrique dans moins de trois ans.*

La plus populaire des électriques ?

**RENAULT ZOE**

# PRIUS Plug-in



# S 500 Plug-in



# 308 hybride-diesel



# L'HYDROGÈNE

## La pile à combustible



Le poids du mythe automobile  
Les attentes de mobilités  
Les défis écologiques  
Les réserves énergétiques  
La singularité des carburants  
Le problème des batteries  
et des infrastructures  
de recharge

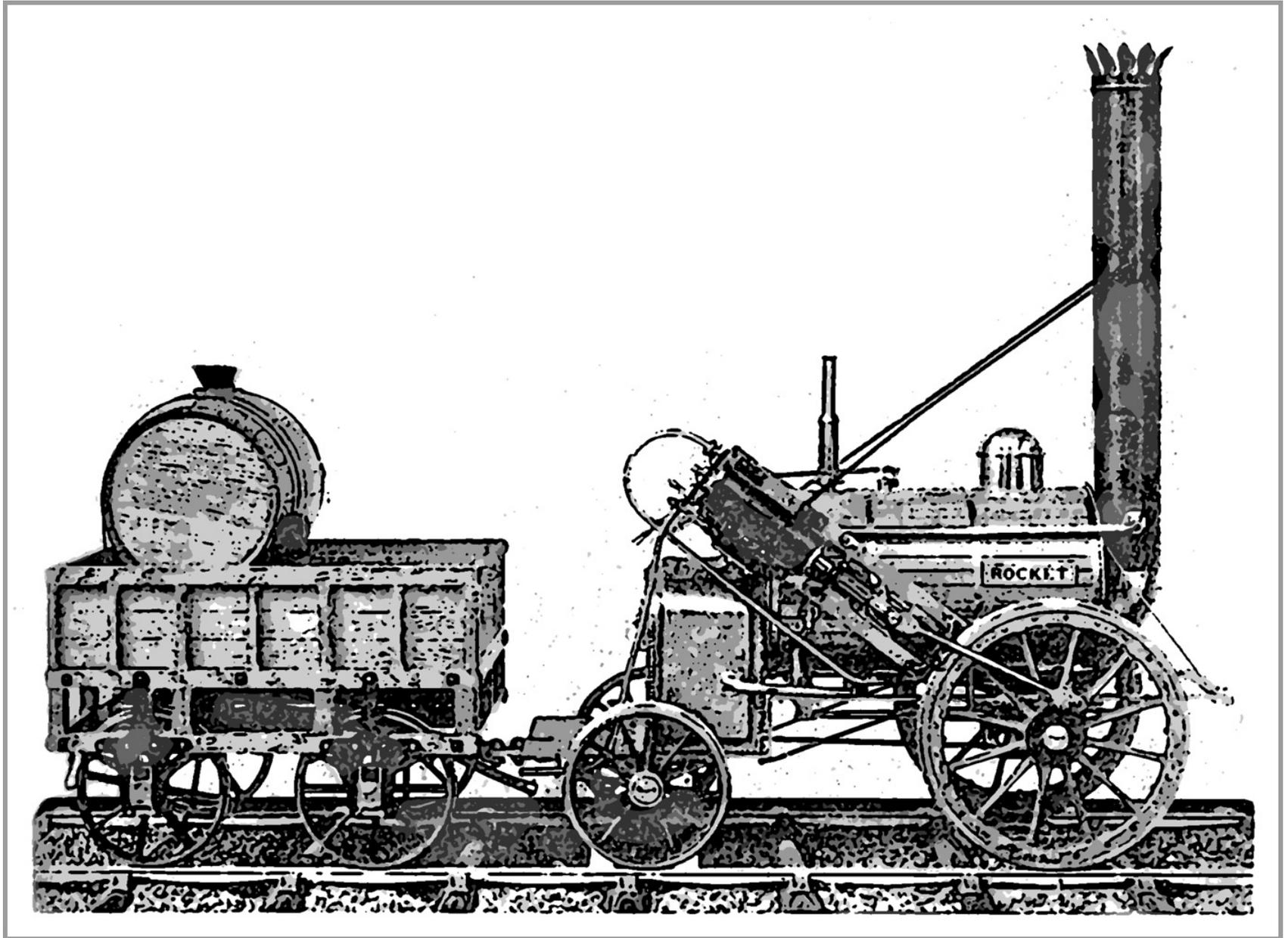
La maturité des systèmes  
électroniques embarqués

la recherche de nouvelles  
filiales énergétiques  
pour le transport

L'émergence inattendue  
de la technologie  
**HYBRIDE**  
et  
celle de la  
**VOITURE DÉCARBONÉE**

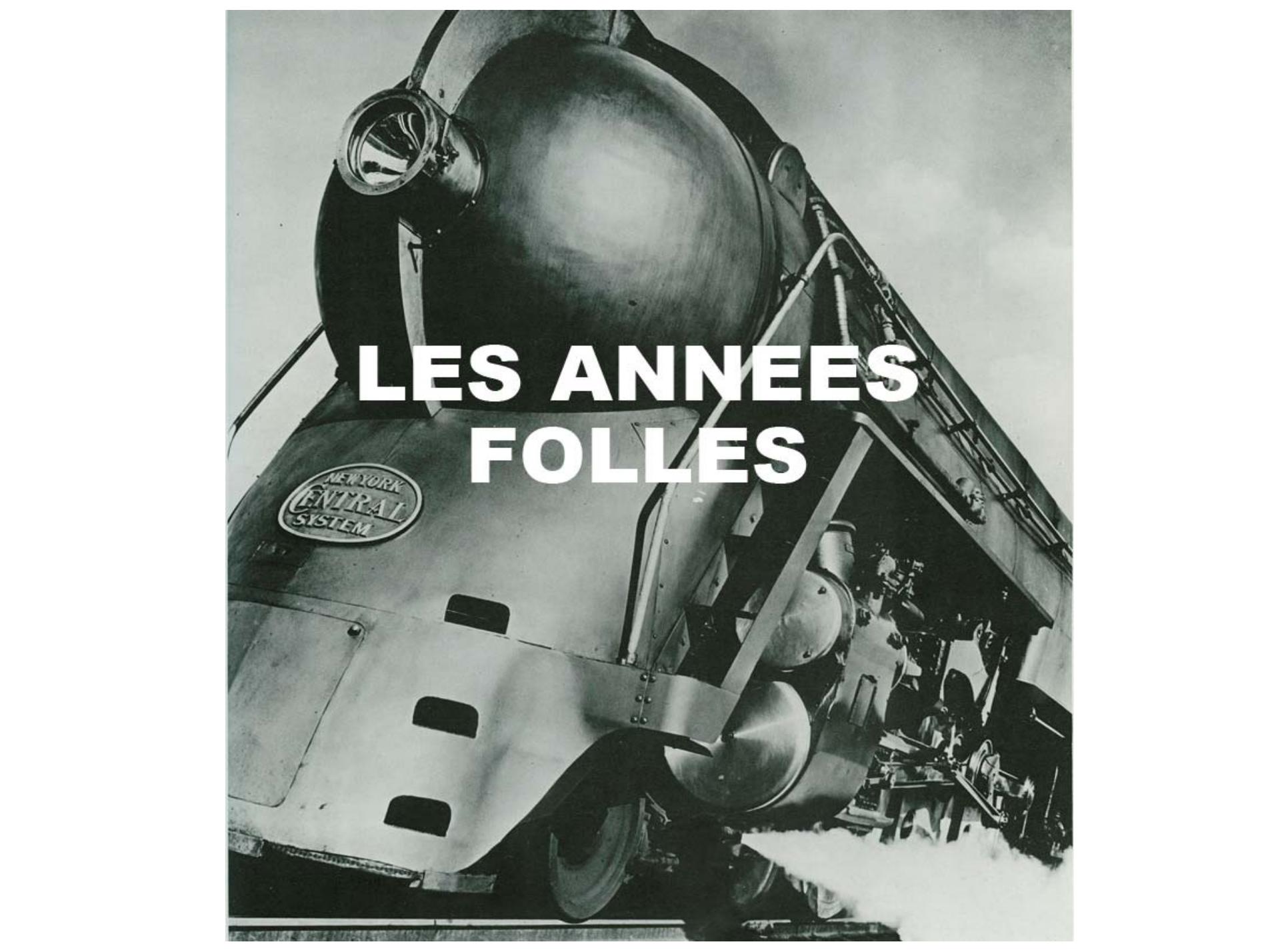
LE CHEMIN DE FER  
ou  
le triomphe  
de la  
TRACTION ELECTRIQUE

# The ROCKET -1829-



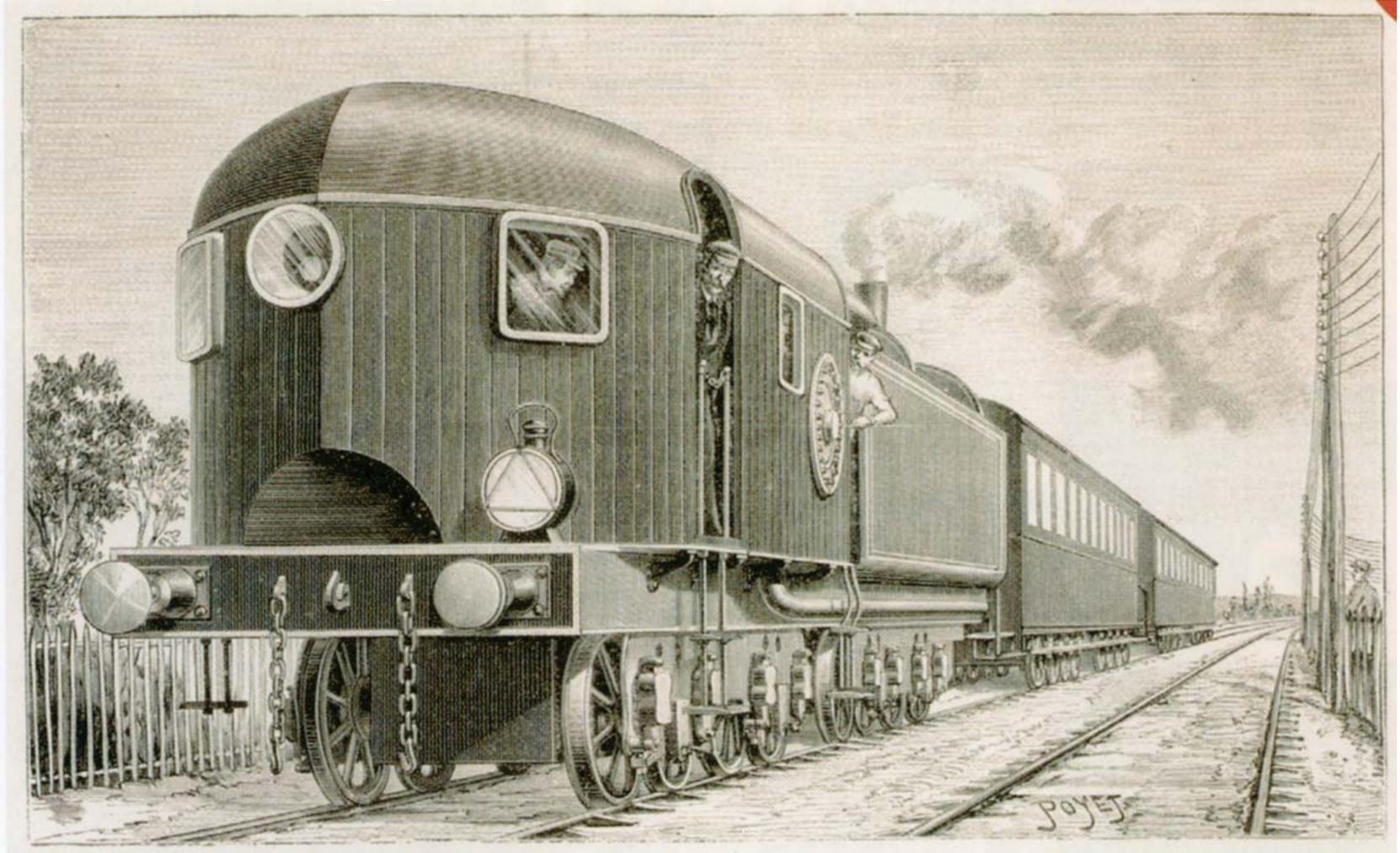
# Gare St LAZARE 1877



A black and white photograph of a steam locomotive engine, viewed from a low angle looking up. The engine is dark-colored with a large, rounded boiler. A prominent circular headlight is mounted on the front. Below the boiler, a large, light-colored metal plate features three dark, rectangular cutouts. A circular logo on the side of the boiler reads "NEW YORK CENTRAL SYSTEM". The locomotive is emitting a thick plume of white steam from the bottom right. The background is a bright, overcast sky. The text "LES ANNEES FOLLES" is overlaid in large, bold, white capital letters across the center of the image.

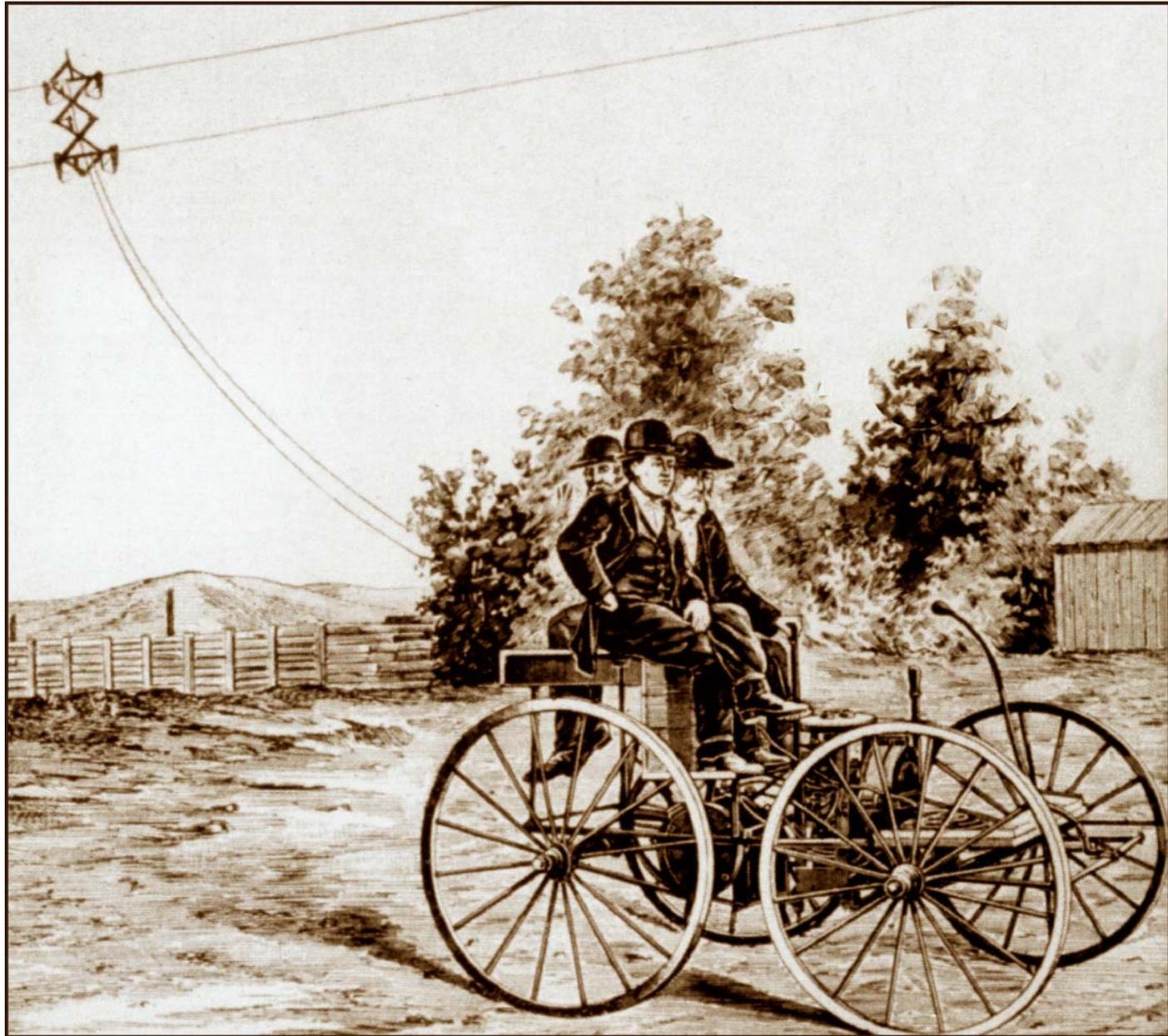
# LES ANNEES FOLLES

# Hybridation vapeur - électricité

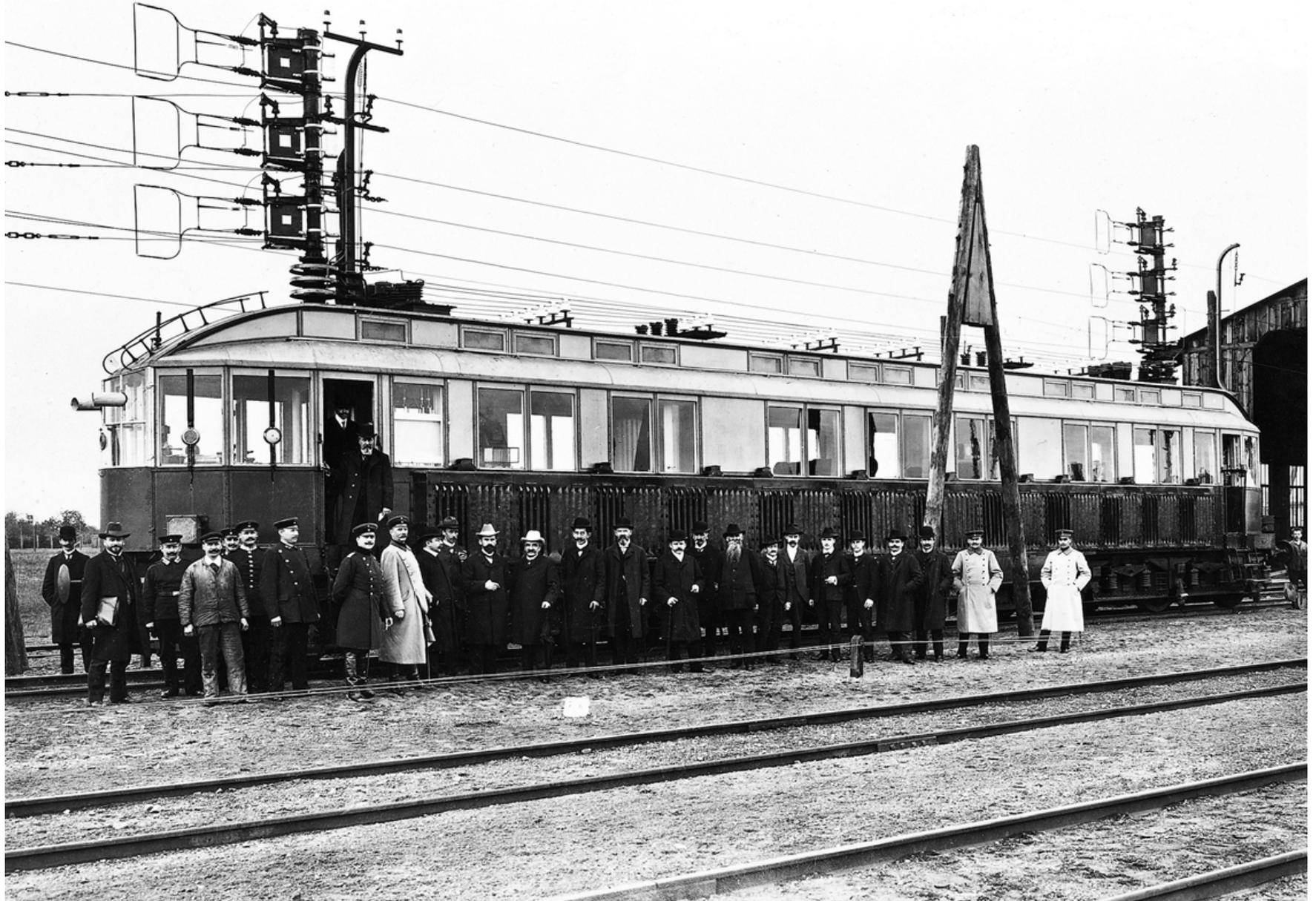


Locomotive électrique Heilmann remorquant un train. Gravure sur bois de Louis Poyet.  
*Das Buch für Alle*, 1893. © AKG-images

# CHARIOT ÉLECTRIQUE - 1840



# TRACTION ELECTRIQUE -1903



# Motrice DIESEL ELECTRIQUE





# LA ROUTE DU FUTUR

un thème de recherche  
incontournable

# Des aménagements pour mieux exploiter l'existant

## Régulation de la vitesse

Via la surveillance du trafic et un algorithme de calcul qui prévoit l'instant de saturation du réseau, on limite en temps réel la vitesse des usagers. La mesure peut s'accompagner d'une régulation du flux des poids lourds par interdiction de dépassement.

## Péage sans arrêt

Le système se généralise pour tous les véhicules. Le passage en flux libre des poids lourds pourrait économiser 1,35 million de tonnes de CO<sub>2</sub> par an, soit 4 % de leurs émissions.

## Marquage dynamique

Selon l'intensité du trafic, le marquage au sol lumineux permet de passer de trois à quatre voies, d'un pointillé à une ligne continue, etc.

## Régulation d'accès

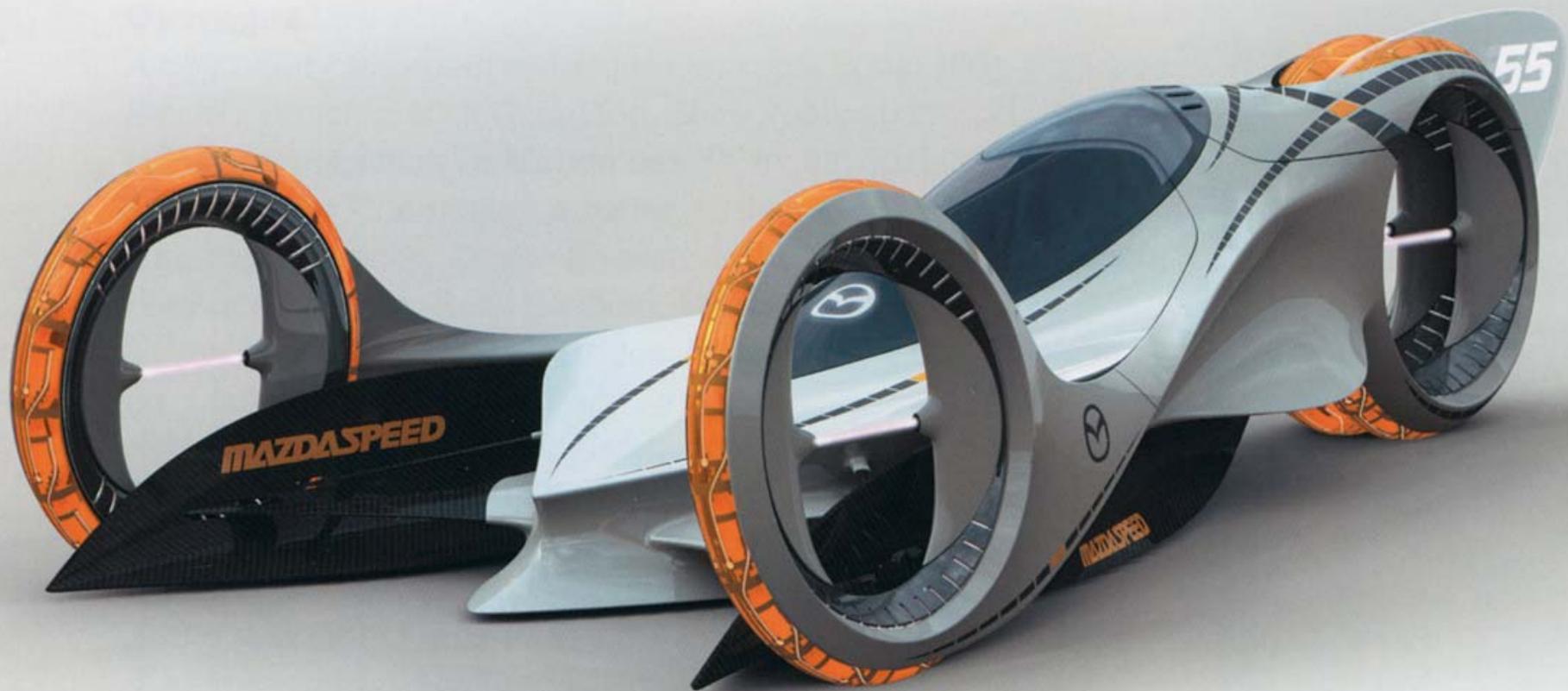
Des feux de signalisation permettent de maîtriser le flux de véhicules entrants.

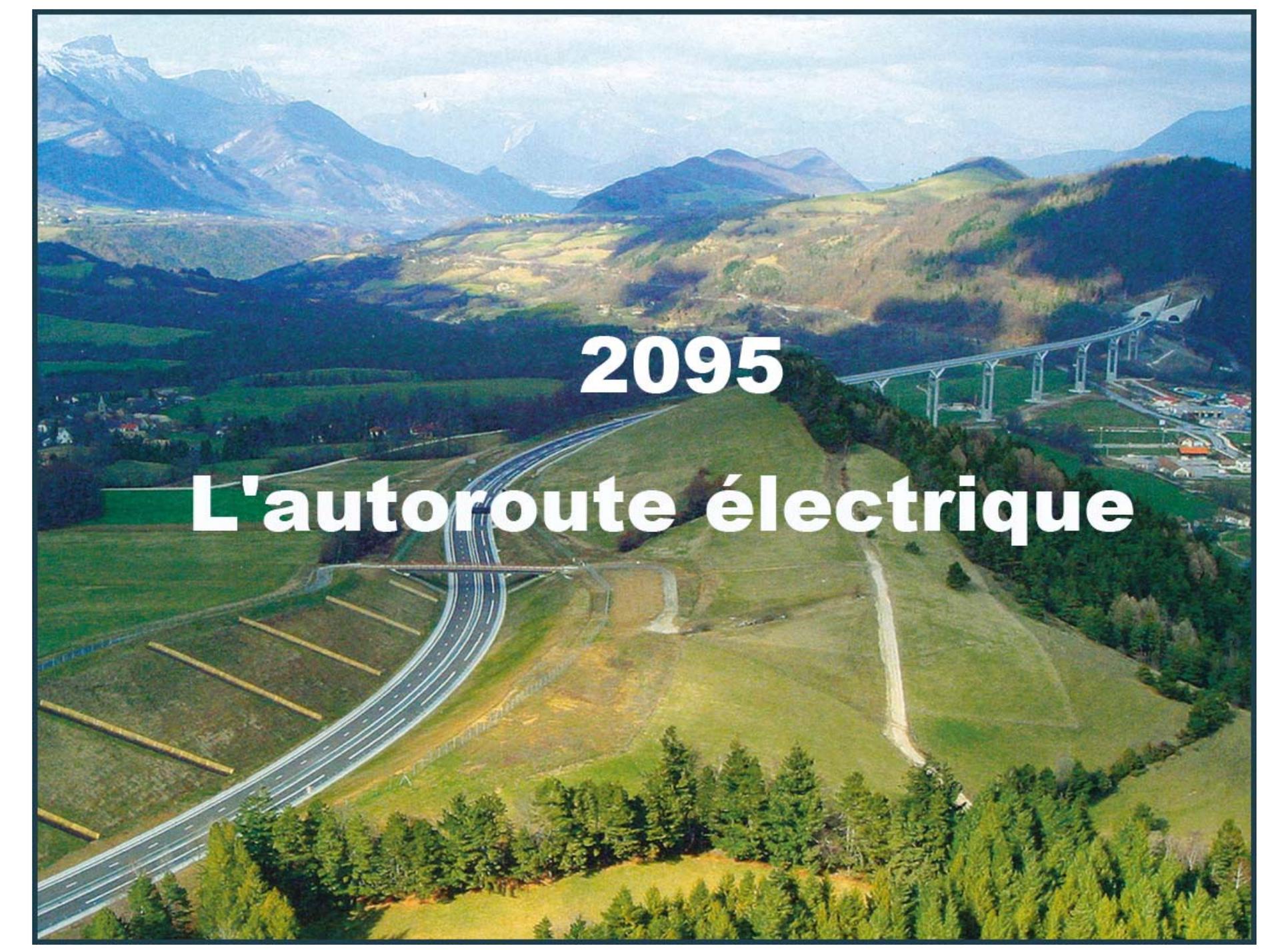
## Voie réservée au covoiturage

Une voie est réservée aux véhicules transportant au minimum trois personnes. La circulation y est plus fluide et les tarifs de péage sont adaptés.

## Gestion dynamique des voies

En cas de bouchon, il est permis d'emprunter la bande d'arrêt d'urgence et en agglomération, elle peut être réservée aux autocars de ligne régulière à certaines heures de la journée.



An aerial photograph of a valley with a futuristic highway. The highway is a multi-lane road with a white surface and blue lane markings, curving through green fields. In the background, there are rolling hills and large, snow-capped mountains under a blue sky. To the right, a bridge structure is visible, suggesting a transition to a different mode of transport or infrastructure. The overall scene is a vision of a sustainable and advanced transportation network.

**2095**

**L'autoroute électrique**

## Nouveaux besoins : Voiture de transition

- Voiture propre
- Voiture autonome
- Voiture sûre
- Voiture conviviale

## Nouveaux usages : Voiture internet

- Voiture partagée *Covoiturage, autolib'*
- Voiture à la demande *Zipcar*
- Voiture adaptable *Professionnelle, urbaine, rurale*

## Nouveaux concepts : Voiture high-tech

- Voiture automatique *Cybercar*
- Route électrique
- Carburant électrochimique