



LE SYSTEME VEHICULE ET SES CONSTITUANTS

Pierre Duysinx
Université de Liège
Année académique 2010-2011



Références bibliographiques

- Julian Happian-Smith. « An introduction to Modern Vehicle Design ». Butterworth Heinemann 2002.
- T. Gillespie. « Fundamentals of vehicle Dynamics », 1992, Society of Automotive Engineers (SAE)
- W. Milliken & D. Milliken. « Race Car Vehicle Dynamics », 1995, Society of Automotive Engineers (SAE)
- J. Chagette. « Technique Automobile ». Tome 1, Le moteur. Tome 2 Le chassis. Dunod, Paris. 1965.
- R. Bosch. « Automotive Handbook ». 5th edition. 2002. Society of Automotive Engineers (SAE)
- J. Reimpell, H. Stoll, J. Betzler. « The automotive chassis: engineering principles ». 2nd edition. 2001, SAE.
- H. Heisler. « Vehicle and Engine Technology ». 2nd edition. SAE, 1999.
- H. Memeteau. « Technologie fonctionnelle de l'automobile » 2 tomes. Dunod. 2002.



Plan de l'exposé

- Connaissance de l'automobile
- Le châssis carrosserie
- Les sous-systèmes de l'automobile
- Architectures du véhicule



1. Connaissance de l'automobile

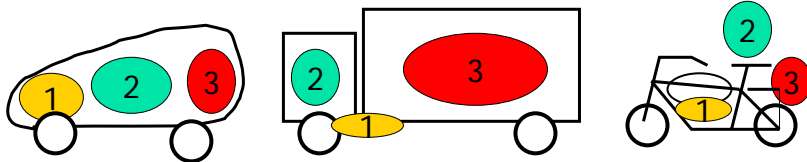
- Qu'est ce qu'une automobile?
 - Le terme automobile qualifie tout engin **capable de se déplacer par ses propres moyens** et qui transporte **l'énergie** nécessaire à son fonctionnement.





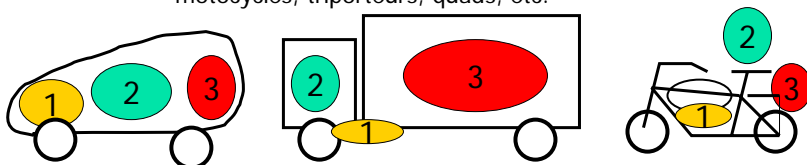
1. Connaissance de l'automobile

- Quelles sont les parties principales d'une automobile?
Dans un ensemble appelé châssis-carrosserie, on trouve trois parties principales:
 - 1/ un compartiment renfermant le **système de motorisation**, lié mécaniquement aux **roues motrices**;
 - 2/ une cellule recevant le conducteur et les passagers, appelée **habitacle**;
 - 3/ un **compartiment à bagages**.



1. Connaissance de l'automobile

- Quels sont les principaux types de véhicules routiers?
 - 1/ les **véhicules de tourisme**: voitures destinées au transport de passagers, qui seules ont conservé le nom d'automobile
 - 2/ les **véhicules utilitaires**:
 - transports en commun (autobus, autocars)
 - transport de marchandises (camionnettes, camions porteurs, tracteurs et semi-remorques)
 - véhicules spéciaux: engins de chantier, voitures de pompiers...
 - 3/ les **véhicules légers** à deux, trois ou quatre roues: bicyclettes, motocycles, triporteurs, quads, etc.





The EU general classification of vehicle categories

Motor vehicles with at least four wheels:

- Category M: used for the carriage of passengers
 - Category M1: **no** more than eight seats in addition to the driver's seat
 - more than eight seats in addition to the driver's seat:
 - Category M2: has a maximum mass **not** exceeding 5 tonnes (11,000 lb)
 - Category M3: has a maximum mass exceeding 5 tonnes
- Category N: used for the carriage of goods
 - Category N1: having a maximum mass **not** exceeding 3.5 tonnes (7,700 lb)
 - Category N2: having a maximum mass exceeding 3.5 tonnes but not exceeding 12 tonnes (26,000 lb)
 - Category N3: having a maximum mass exceeding 12 tonnes



The EU general classification of vehicle categories

- Category O: trailers (including semi-trailers)
 - Category O1: maximum mass **not** exceeding 0.75 tonnes (1,700 lb)
 - Category O2: exceeding 0.75 tonnes but **not** exceeding 3.5 tonnes (7,700 lb)
 - Category O3: exceeding 3.5 tonnes but **not** exceeding 10 tonnes (22,000 lb)
 - Category O4: exceeding 10 tonnes
- Symbol G: off-road vehicles
- Special purpose vehicles



1. Connaissance de l'automobile

- Quelles sont les conditions à remplir par l'automobile ?
 - **transporter** les passagers et les marchandises avec un confort suffisant afin de limiter la fatigue ou leur endommagement
 - **protéger** au mieux les occupants en cas de choc
 - atteindre des **vitesse**s et des **accélérations** suffisantes
 - **s'arrêter** en cas de besoin dans la plus petite distance possible
 - **conserver la trajectoire** désirée par le conducteur quelles que soient les conditions atmosphériques, de roulage et de circulation.
 - **rester fiable** dans le temps
 - **consommer peu** d'énergie
 - **polluer** l'environnement **le moins possible**
 - **posséder une ligne (design)** qui prenne en compte l'**esthétique** contemporaine et les critères de consommation de masse et de puissance en vigueur



1. Connaissance de l'automobile

- Quelle est la fonction d'usage de l'automobile ?
 - Pour l'utilisateur, la fonction de l'automobile est de transporter le conducteur et ses passagers ou ses marchandises d'un point A à un point B dans les meilleures conditions de confort et de sécurité.
- Quelle est la fonction globale de l'automobile ?
 - D'un point de vue technique, l'automobile a pour fonction de se **propulser** en **transformant l'énergie du carburant** (chimique) en énergie mécanique, transformée en **énergie cinétique** par les roues motrices.



1. Connaissance de l'automobile

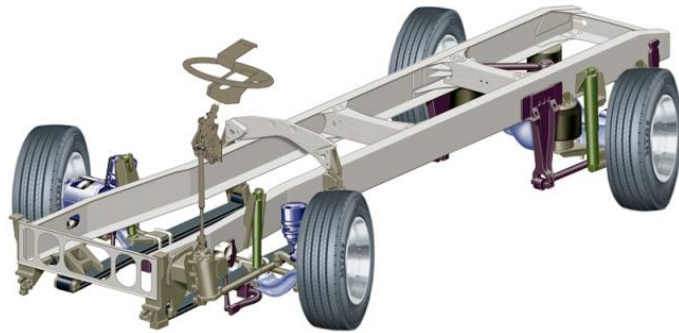
- Quelles sont les interactions de l'automobile avec le milieu extérieur ?
 - Le véhicule est en appui sur le sol par ses 4 roues sous l'action de la pesanteur. La force de contact sous les roues varient en fonction des conditions dynamiques
 - Les roues motrices transmettent les efforts grâce à l'adhérence des pneumatiques
 - Le moteur a besoin pour fonctionner de:
 - de carburant (énergie potentielle chimique) stocké à bord
 - d'oxygène disponible dans l'air et l'environnementet rejette des gaz brûlés
 - Le conducteur communique ses intentions via les commandes: volant, pédales de frein et d'accélérateur, interrupteurs...



1. Connaissance de l'automobile

- Quelles sont les contraintes physiques reçues par l'automobile?
 - Le **poinds du véhicule**, $W=mg$, exerce une force qui presse l'automobile au sol et est répartie sur les quatre roues. Cette répartition peut varier en fonction
 - de la position des passagers ou des éléments mécaniques (effet statique).
 - des accélérations longitudinales, latérales ou verticales subies par le véhicule (effet dynamique)
 - Les **forces dynamiques** dues au mouvement:
 - les forces aérodynamiques: $\frac{1}{2} \rho S C_x V^2$
 - les accélérations centrifuges: $F_c = M \omega^2 r$
 - Les **forces d'adhérence** au contact roues / sol qui permettent
 - de communiquer les forces de propulsion / freinage
 - de créer des forces latérales d'environnement

2. Les sous-systèmes de l'automobile



2. Les sous-systèmes de l'automobile

- Les sous-ensembles d'une automobile ou sous-systèmes sont:
 - Le **châssis carrosserie**
 - La **motorisation**
 - La **transmission**
 - Le système de **freinage**
 - La **suspension** et les **essieux**
 - Les **pneumatiques**
 - La **direction**
 - L'**équipement électrique**
 - L'**équipement hydraulique et pneumatique**
 - Les **instruments de bord**
 - Les **équipements de sécurité**
 - La **climatisation**
 - ...



2. Les sous-systèmes de l'automobile

- La production de puissance
 - Le moteur
 - Les accessoires : pompes à eau, à huiles...
 - Les systèmes auxiliaires
- Le châssis
 - Structure, coque, poutres
- La transmission
 - L'embrayage, la boîte de vitesse, le différentiel, le pont, essieux
- **Le train roulant**
 - La suspension
 - Le système de freinage
 - La direction
- Les roues et pneumatiques



2. Les sous-systèmes de l'automobile

- Le système pneumatique et hydraulique
- Le système électrique:
 - Alimentation en puissance électrique: batterie, alternateur
 - Les phares
 - Les systèmes de contrôle: ABS, ASR, ESP, cruise control
 - Les accessoires: allume cigare, GPS, etc.
- Les équipements de bord et de conduite
 - Tachymètre, compte-tours
- Les systèmes de sécurité:
 - Actifs: ABS, ESP
 - Passifs : airbags, pré-tensionneur des ceintures de sécurité



3.1 Le châssis

■ FONCTIONS PRINCIPALES

- Transport : véhiculer une certaine charge (passager et marchandises) sur une certaine distance et à une certaine vitesse.
- Pour les passagers:
 - Protection contre le vent, le froid, le bruit
 - Sécurité et confort
 - Espace à maximiser
- Pour le fret:
 - Espace maximal
 - Chargement et déchargement rapide et aisé



3.1 Le châssis

■ FONCTIONS PRINCIPALES

- Fonction structurale:
 - Ossature du véhicule autour duquel les autres composants viennent se fixer (moteur, train roulant, chaîne de transmission, sièges, etc.)
- Fonctions mécaniques:
 - Reprise des réactions et des mouvements du moteur et des axes des roues, de la transmission
 - Reprise des réactions des roues lors des accélérations et des freinages
 - Reprise des forces aérodynamiques
 - Reprise des chocs venant de la route transmis via la suspension
 - Protection en cas d'accident:
 - Cellule indéformable
 - Zones déformables d'absorption d'énergie



3.1 Le châssis

■ FONCTIONS PRINCIPALES

- Fonction aérodynamique:
 - Résistance aérodynamique (C_x) minimale
 - Lié principalement à la forme de la carrosserie
 - Importance des détails
- Fonction esthétique:
 - Ce qui est laid se vend moins bien...
- Fonction d'isolation des occupants:
 - Sonore
 - Thermique



3.1 Le châssis et la carrosserie

- **Châssis** = une structure généralement formée de poutres et de barres reliées soit par soudage soit par des éléments de liaison (boulonnées)
- **Carrosserie** (body) = coque de la voiture, caractérisée par le nombre de portes, l'arrangement des sièges, la structure du toit, etc.
- Evolution actuelle pour les voitures: **construction intégrée** de la carrosserie et du châssis: structures de type semi monocoque ou monocoque, ce qui donne des structures plus rigides
- Pour les véhicules commerciaux et véhicules lourds: persistance d'un châssis séparé sur lequel on rapporte la carrosserie, la cabine. Cette solution permet une plus grande modularité.

3.1 Le châssis

Carrosserie (body): cabine, toit, benne, etc.



Châssis a proprement dit:
structure poutre



Châssis et carrosserie intégrés
dans les voitures de tourisme
modernes

3.1 Le châssis



Châssis échelle:
formé de poutres



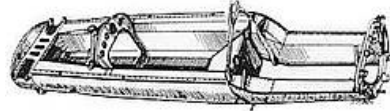
Châssis autoportant:
formé de coques ou de
membranes raidies



3.1 Le châssis



Châssis tubulaire:
treillis de barres



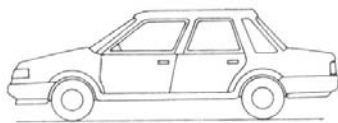
Châssis monocoque de la Lotus 25
de 1962 (C. Chapman)



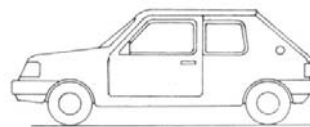
Châssis monocoque en composite
Ferrari Enzo



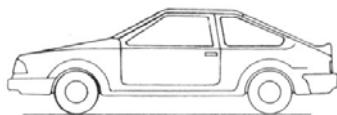
3.1 Différents types de carrosserie



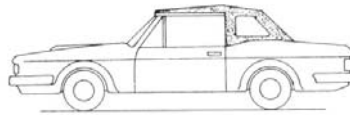
Berline (sedan ou saloon)



Hatchback

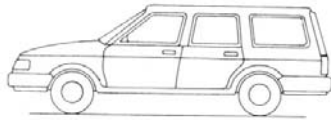


Coupé

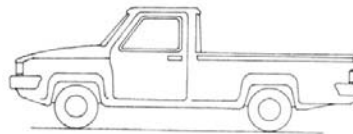


Décapotable (convertible)

3.1 Différents types de carrosserie



Break (Estate ou
Station Wagon)



Pick up

3.1 Le châssis

- **CONTRAINTES SUR LA CONCEPTION DU CHASSIS**
 - Contraintes structurales :
 - Résistance au crash
 - Réduction des bruits et des vibrations
 - Rigidité maximale v.s. masse minimale
 - Contraintes de fabrication :
 - Facilité de fabrication, de montage, de maintenance (Design for X)
 - Coût de fabrication minimum
 - Contraintes aérodynamiques :
 - C_x minimum
 - Sensibilité au vent latéral faible
 - Contraintes esthétiques

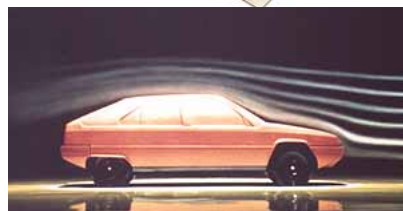
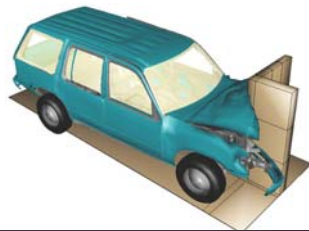


3.1 Le châssis

- **CONTRAINTES SUR LA CONCEPTION DU CHASSIS**
 - Contributions à la stabilité du véhicule et à la tenue de route
 - Rigidité par exemple
 - Position du centre de gravité
 - Contributions à la performance
 - Masse et aérodynamique
 - Contribution à la sécurité
 - Zones déformables vs zones indéformables
 - Habitabilité
 - Volume intérieur
 - Coûts opérationnels
 - Maintenance



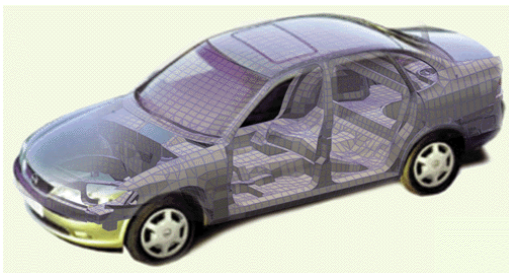
3.1 Le châssis



3.1 Le châssis et la carrosserie

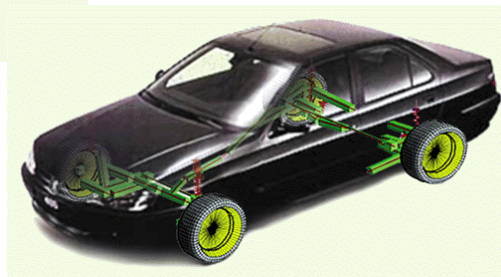
- CONCEPTION DU CHASSIS
 - Conception sur maquette virtuelle
 - CAO
 - Méthodes numériques (Eléments finis)
 - Méthodes d'optimisation de plus en plus répandues
 - Méthode systématique et rationnelle
 - Optimisation multidisciplinaire permet de trouver les meilleurs compromis entre contraintes antagonistes
 - Soulage le concepteur en prenant en charge la gestion des itérations d'amélioration de la solution.
 - Approches d'ingénierie simultanée
 - Approche d'ingénierie coopérative

3.1 Conception du châssis et de la carrosserie



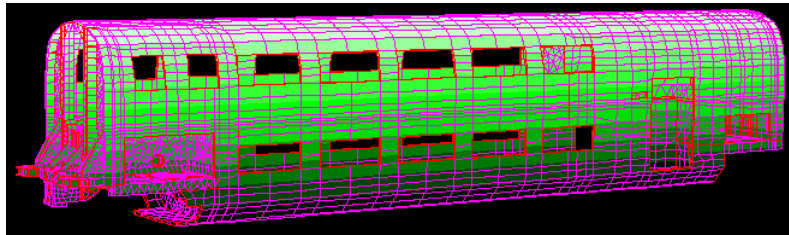
Modèle EF de la caisse
(Samcef – Mécano)

Modèle EF de la suspension
(Samcef – Mécano)





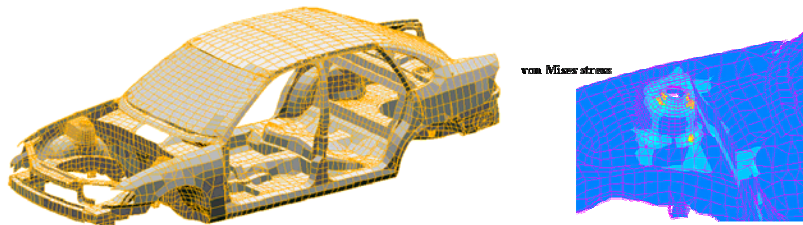
3.1 Conception du châssis et de la carrosserie



Modèle EF d'un wagon
(Samcef – Mécano)



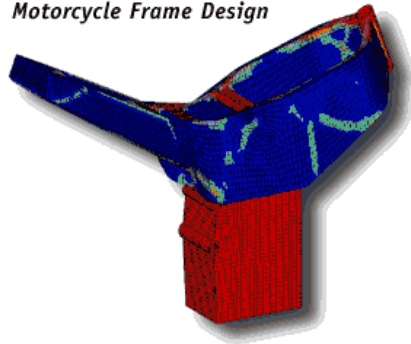
3.1 Conception du châssis et de la carrosserie



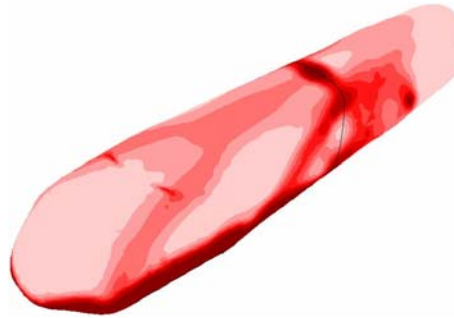
By courtesy of Samtech and PSA

3.1 Conception du châssis et de la carrosserie

Motorcycle Frame Design



Optimisation topologique
d'une structure de moto



Optimisation topologique de la
structure d'un eco marathon

3.1 Le châssis et la carrosserie

- Matériaux:
 - **Acier** généralement, souvent avec des éléments d'alliage pour améliorer ses aptitudes au formage
 - grande disponibilité
 - coût modéré
 - facile à travailler (par ex fabrication par emboutissage)
 - **Aluminium**
 - **Matériaux composites**
 - Fibres de verre et fibres de carbone pour leurs propriétés orthotropes et leur grande raideur / unité de masse
 - Polyamide, polyester, polystyrène, polypropylène qui peuvent être fabriqués à faible coût par plasturgie
- Système de peinture et de revêtements pour la corrosion
 - Souvent par électrodéposition pour l'uniformité

3.1 Le châssis et la carrosserie



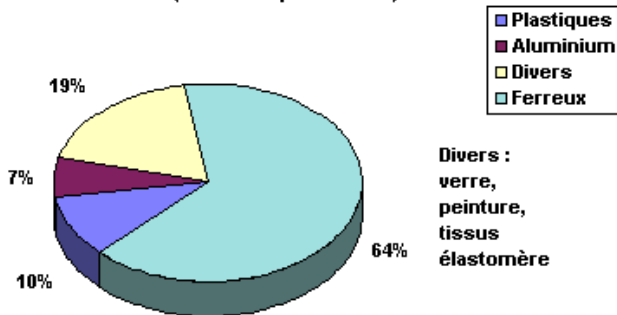
Conception classique en acier



Conception avancée en matériaux composites

3.1 Le châssis et la carrosserie

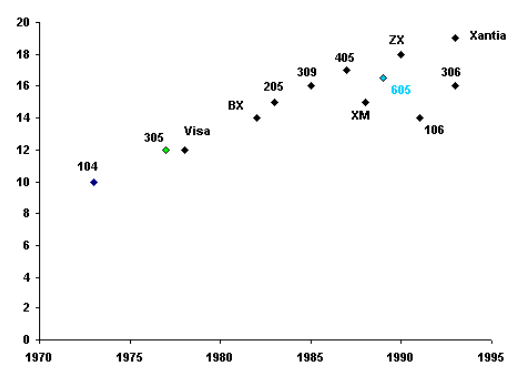
Répartition moyenne des matériaux par véhicule
(en % du poids total)



Source : Usine nouvelle



3.1 Le châssis et la carrosserie



Evolution de la fraction de matériaux plastiques au fur et à mesure des années chez PSA



3.1 Le châssis et la carrosserie

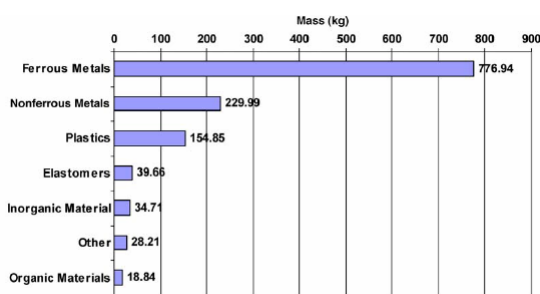


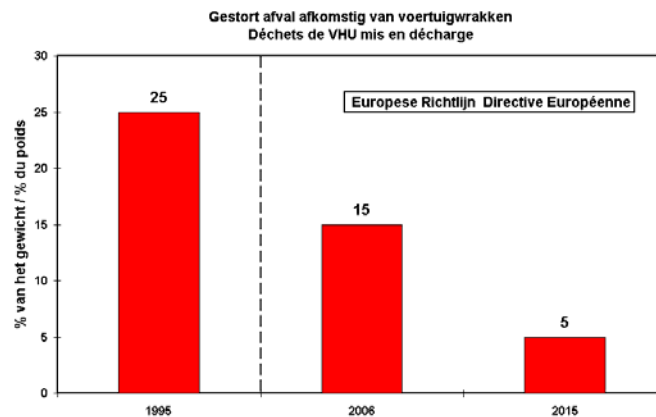
Table 3. 2004 Toyota Prius materials breakdown

Materials	Mass (kg)	Percent
Ferrous metals	776.94	60.55
Nonferrous metals	229.99	17.92
Plastics	154.85	12.07
Elastomers	39.66	3.09
Inorganic material	34.71	2.71
Other	28.21	2.20
Organic materials	18.84	1.47
Vehicle mass (less fluids)	1283.1	100.00

Figure 3. 2004 Toyota Prius materials breakdown.

Exemple de recyclabilité: la Toyota Prius

3.1 Le châssis et la carrosserie



Evolution du recyclage (source FEBIAC)

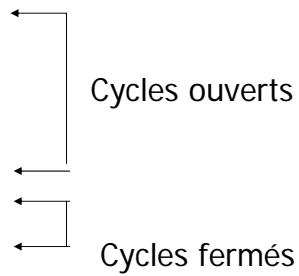
3.2 Le moteur

- Rôle du moteur : vaincre les forces de résistance à l'avancement:
 - Fournir des accélérations
 - Vaincre la résistance au roulement
 - Vaincre la résistance aérodynamique
 - Franchir les pentes
- Entraîner les accessoires également:
 - Pompes à eau, à huile, ventilateur, etc.
- Fournir la puissance aux systèmes auxiliaires
 - L'alternateur pour fournir de la puissance électrique
 - La climatisation



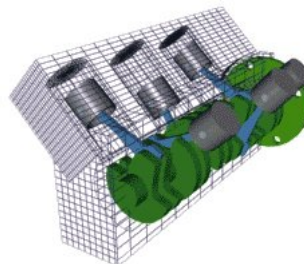
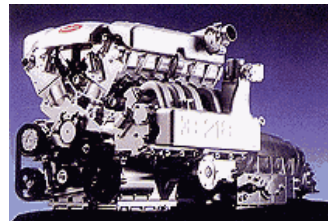
3.2 Types de moteurs

- Moteurs à pistons
 - Essence
 - Diesel...
- Moteur rotatif : Wankel
- Turbines à gaz
- Moteur Stirling
- Moteur à vapeur (Rankine)
- Moteurs électriques
 - Batteries
 - Piles à combustible
- Systèmes hybrides



3.2 Moteurs à piston

- Depuis plus d'un siècle le moteur à piston domine totalement la motorisation des véhicules automobiles:
 - Compact
 - Puissance spécifique intéressante
 - Consommation raisonnable
 - Facile à utiliser, à maintenir, à produire
 - Cycle Otto (à allumage commandé) ou Diesel (allumage par compression)





3.2 Le moteur

- Facteurs de choix d'un système de motorisation
 - Courbes de puissance et de couple en fonction de la vitesse de rotation
 - Souplesse (couple)
 - Puissance maximale
 - Courbes de consommation
 - Rendement du moteur
 - Pollution et émissions de CO₂ etc.
 - Masse du moteur
 - Puissance spécifique
 - Dimensions



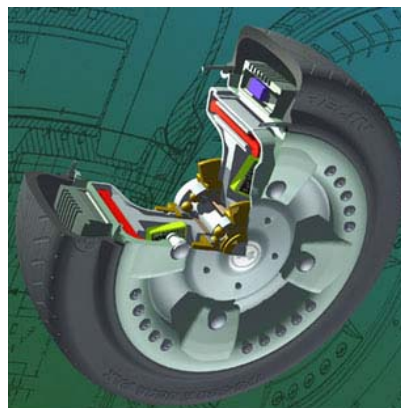
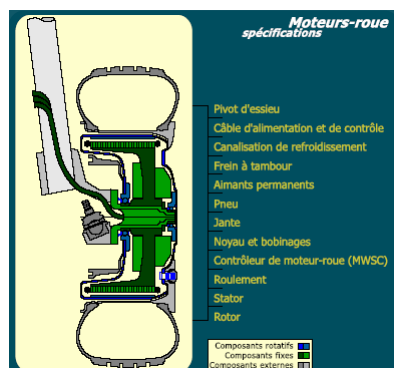
3.2 Le moteur

- Facteurs de choix d'un système de motorisation
 - Coût d'achat
 - Coût d'entretien et temps entre entretien
 - Bruits et vibrations

3.2 Le moteur

- Localisation du moteur
 - Moteur avant
 - Souvent le cas maintenant pour les voitures de tourisme qui sont des traction avant
 - Moteur arrière
 - Porsche Carrera à propulsion...
 - Moteur central
 - Par exemple les camions
 - Moteur transversal ou longitudinal
 - Moteur roue (moteur électrique)

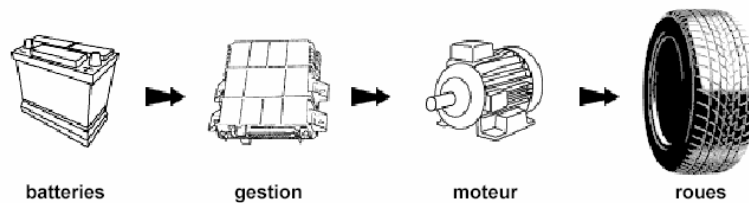
3.2 Le moteur-roue



Moteurs roue TM4 source www.tm4.com/

3.2 Motorisation électrique

- La chaîne de traction électrique se compose:
 - D'une source de courant et de puissance électrique: réseau ou batterie
 - Une unité de gestion et de modulation de l'énergie: système d'électronique de puissance
 - Un moteur générateur électrique
 - Un système de réduction éventuel



3.2 Les motorisations hybrides

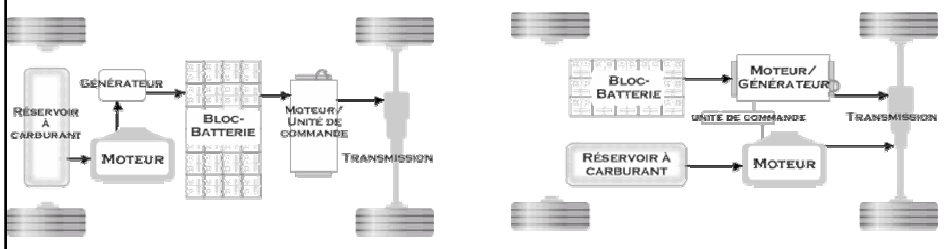
- Les motorisations hybrides combinent deux ou plusieurs sources de stockage et de conversion d'énergie en vue de la propulsion du véhicule
- Les véhicules hybrides électriques sont les systèmes les plus courants
- On distingue plusieurs architectures de chaîne de traction hybrides
 - Série, parallèle
 - Complexe



Hybrides électriques
Honda IMA



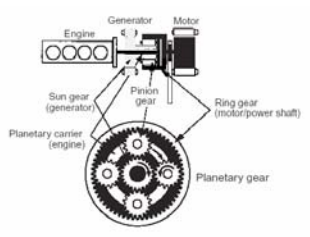
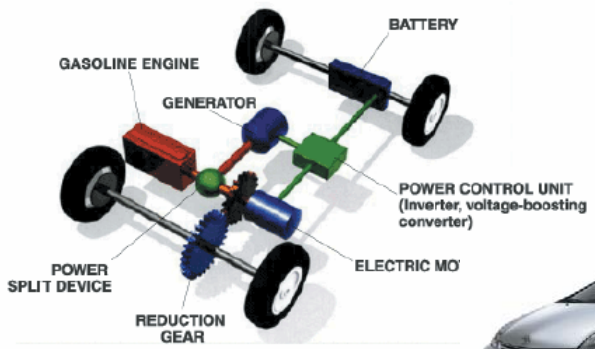
3.2 Les motorisations hybrides



Véhicules hybrides électriques:
architectures série et parallèle



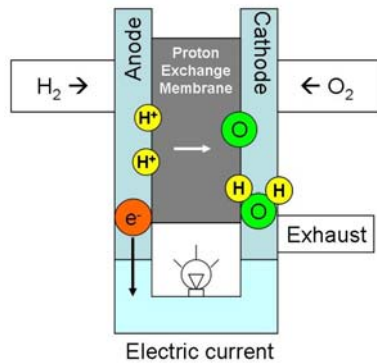
3.2 Les motorisations hybrides



Toyota Prius II

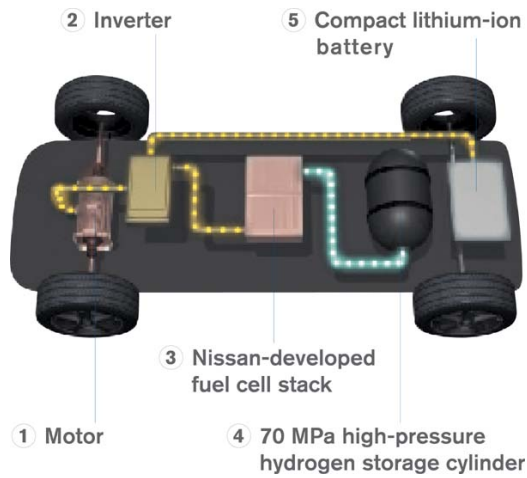


3.2 Le moteur à pile à combustible



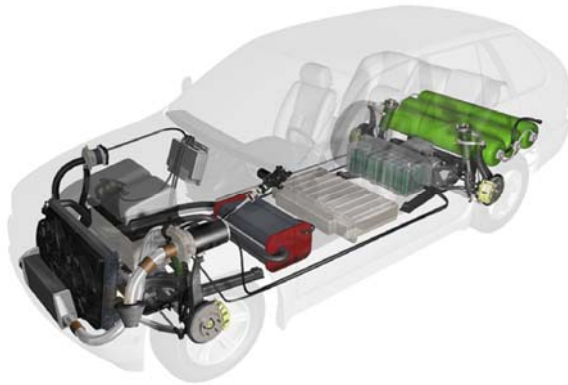
- La pile à combustible est un système de conversion directe de l'énergie chimique en énergie électrique
- Il est naturellement associé à une chaîne de traction électrique ou hybride électrique

3.2 Le moteur à pile à combustible



Hybrid electric Fuel cell powered car

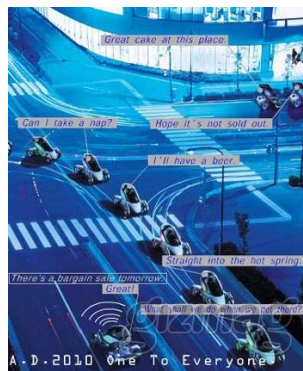
3.2 Le moteur à pile à combustible



Fuel cell powered car

3.2 Concept de mobilité personnelle

- La motorisation électrique permet de révolutionner l'architecture des systèmes de transports



Toyota Personal Mobility Concept



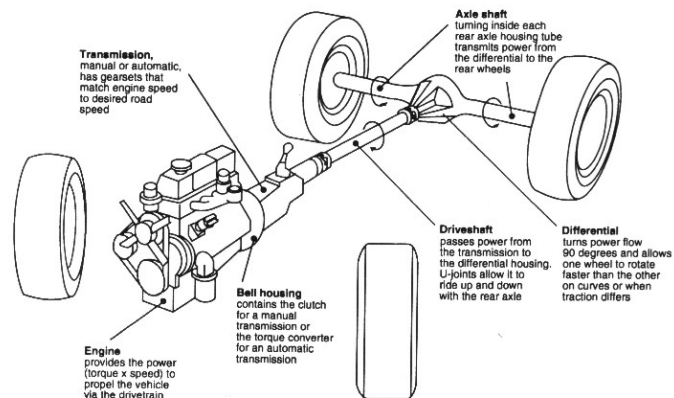


3.3 La transmission

- Embrayage ou coupleur
- Boîte de vitesses
- Arbres de transmission
- Différentiel
- Pont
- Essieux



3.3 La transmission



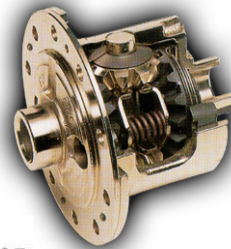
Gillespie, Fig. 2.3

3.3 La transmission

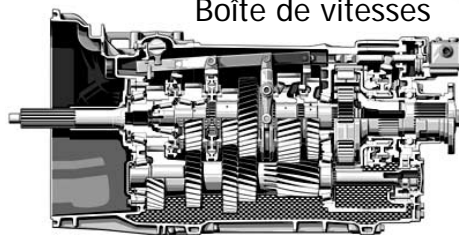
Embrayage



Différentiel



Boîte de vitesses



3.3 La transmission

- Le système de transmission reçoit de l'**énergie mécanique** du moteur au travers du **volant moteur**.
- Il la transmet aux **roues motrices**
- Le conducteur peut agir sur la **pédale d'embrayage** pour **accoupler** ou **désaccoupler** la transmission
- Le conducteur agit également sur le **levier de changement de vitesses** qui commande les changements de rapports de démultiplication.
- Le **pont** joue le rôle de **renvoi d'angle** entre l'arbre de transmission sortant de la boîte et les essieux. Il introduit une **réduction de vitesse fixe**. Il **répartit le couple moteur** dans les deux roues motrices.



3.3 La transmission

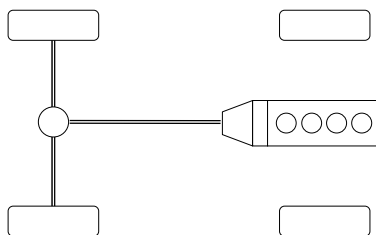
- Quelle est la fonction globale du système de transmission ?

Le système de transmission peut :

- **Acheminer** l'énergie du moteur jusqu'aux roues motrices (couple, puissance);
- **Adapter** cette énergie (réduction de vitesse, augmentation du couple) selon les efforts résistants rencontrés par le véhicules (démarrage, accélération, côtes, descentes, etc.).
- **Interrompre l'accouplement** des roues au moteurs aux basses vitesse ou lors des changement de rapports de réduction



3.3 La transmission : disposition



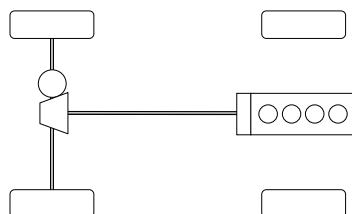
Légende :

	Moteur
	Boîte de vitesses
	Embrayage
	Différentiel

Moteur longitudinal, à l'avant,
propulsion arrière
Boîte de vitesse à l'avant
Exemple: BMW série 3



3.3 La transmission : disposition



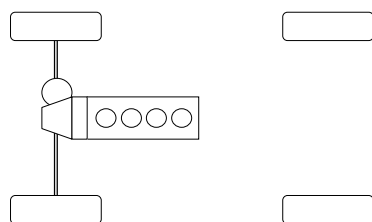
Légende :

	Moteur
	Boîte de vitesses
	Embrayage
	Différentiel

Moteur longitudinal à l'avant & propulsion arrière,
boîte de vitesse à l'arrière,
Exemple: Alfa 75



3.3 La transmission : disposition



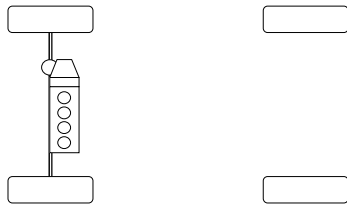
Légende :

	Moteur
	Boîte de vitesses
	Embrayage
	Différentiel

Moteur longitudinal à l'arrière,
Propulsion arrière, boîte de vitesses à l'arrière,
Exemple: Ferrari 360



3.3 La transmission : disposition



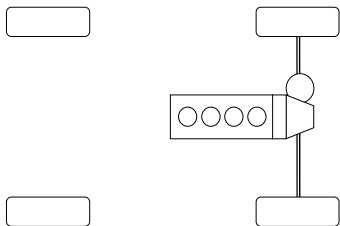
Légende :

	Moteur
	Boîte de vitesses
	Embrayage
	Différentiel

Moteur transversal à l'arrière,
Propulsion arrière,
Exemple: Lamborghini



3.3 La transmission : disposition



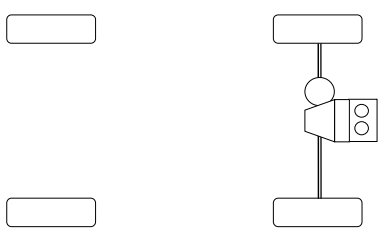
Légende :

	Moteur
	Boîte de vitesses
	Embrayage
	Différentiel





Moteur longitudinal à l'avant,
Boîte en avant Traction avant
Exemple: Citroën DS



3.3 La transmission : disposition



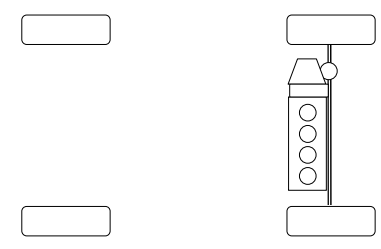
Légende :

-  Moteur
-  Boîte de vitesses
-  Embrayage
-  Différentiel





Moteur à l'avant, en porte-à-faux
Traction avant
Exemple: Citroën 2CV



3.3 La transmission : disposition



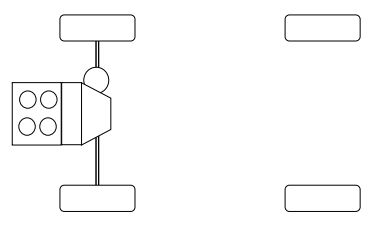
Légende :

-  Moteur
-  Boîte de vitesses
-  Embrayage
-  Différentiel





Moteur transversal à l'avant,
Traction avant
Exemple: Renault Mégane



3.3 La transmission : disposition



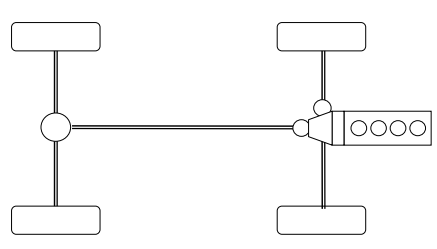
Légende :

-  Moteur
-  Boîte de vitesses
-  Embrayage
-  Différentiel





Moteur transversal arrière,
En porte-à-faux, propulsion
Exemple: VW Coccinelle



3.3 La transmission : disposition

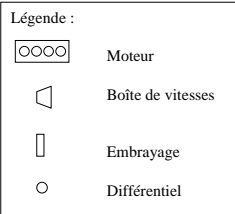
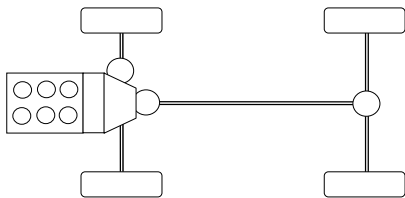


Légende :

-  Moteur
-  Boîte de vitesses
-  Embrayage
-  Différentiel

Moteur longitudinal avant,
Traction intégrale
Exemple: Audi quattro

3.3 La transmission : disposition



Moteur longitudinal arrière,
Traction intégrale
Exemple: Porsche Carrera 4

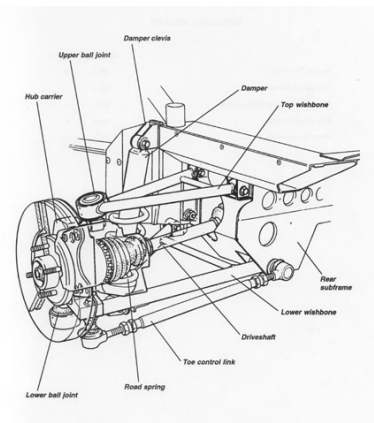
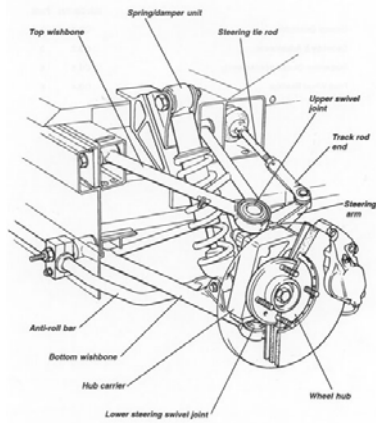
3.4 Le train roulant

- Mécanisme de suspension
- Amortisseurs
- Eléments élastiques
- Freins
- Direction
- Roues
- Pneumatiques





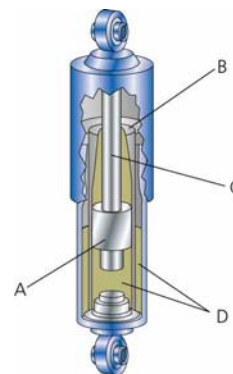
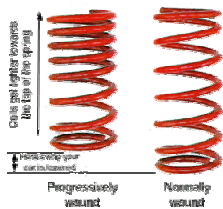
3.4 Le train roulant



Train de la Lotus Elise



3.4 Le train roulant



Academy Animatics



3.4 Suspension

- Fonction de la suspension:
 - Elle a pour objet de conserver le **confort** des passagers filtrant les vibrations et en absorbant une partie de l'énergie cinétique acquise par les roues lors de chocs ou d'irrégularités de la route
 - Elle a également pour objet de **garantir la tenue de route** du véhicule en maintenant le contact entre les roues et le sol malgré les débattements de la roue provoqués par les chocs



3.4 Suspension

- Principe de fonctionnement:
 - Le poids du véhicule crée une force verticale agissant de haut en bas qui appuie sur la tête des ressorts. Le ressort est interposé entre un point de la caisse et le bras de suspension de la roue.
 - Le pneumatique réalise le contact au sol.
 - Le contact irrégulier de la route communique à la roue des mouvements oscillatoires. Les chocs lui donnent de l'énergie cinétique.
 - L'énergie cinétique reçue par la caisse est diminuée, transformée en chaleur par torsion ou flexion des ressorts, et frottement de l'amortisseur.
 - L'adhérence des pneus est assurée par la pression de contact maintenue par les ressorts



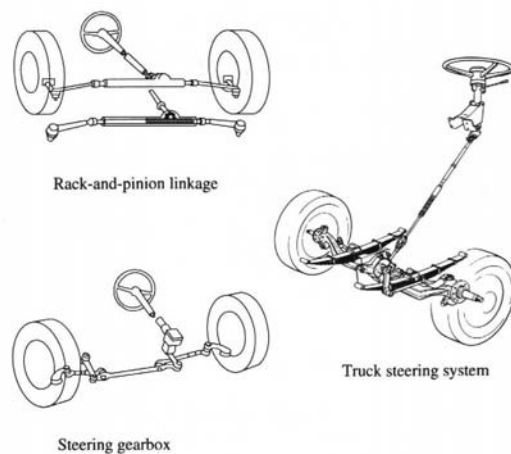
3.4 La direction

- Fonction du système de direction:
 - Le système de direction permet de maintenir ou de modifier la trajectoire du véhicule en orientant les roues avec précision, sans effort important de la part du conducteur, et en conservant une tenue de route satisfaisante

- Principe de fonctionnement:
 - Le conducteur agit sur le volant
 - Les roues avant pivotent ensemble sur un axe fictif appelé pivot (en restant sensiblement parallèle) entre elles grâce à un mécanisme comprenant une crémaillère et un boîtier.



3.4 La direction



Gillespie, Fig 1.8

3.5 Les freins

- Fonction du système de freinage:
 - Les freins ont pour mission de ralentir la vitesse du véhicule, de l'arrêter ou de le maintenir à l'arrêt en dissipant par frottement ou tout autre mécanisme l'énergie cinétique acquise par le véhicule.
- Schéma de fonctionnement des freins
 - Le véhicule a une **certaine vitesse** et donc une certaine énergie cinétique $\frac{1}{2} M V^2$
 - Le conducteur agit sur la **pédale de frein**
 - Le système de commande reçoit de l'énergie sous diverses formes (assistance) mécaniques, hydrauliques, pneumatiques, électriques afin d'amplifier l'effort du conducteur.
 - Chaque **élément du frein** transforme l'énergie **en chaleur** par **frottement**

3.5 Les freins



Frein à disque

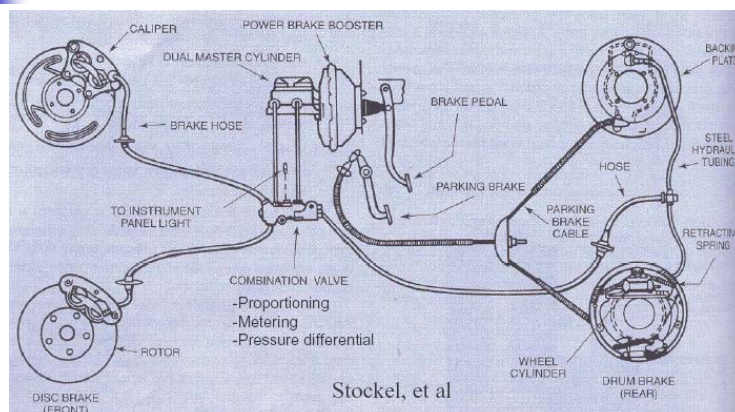


Retardeur TELMA

3.5 Les freins

- Un véhicule en mouvement a une certaine énergie cinétique proportionnelle à sa vitesse au carré et à sa masse.
- Le freinage a pour but en diminuant ou en annulant la vitesse d'absorber cette énergie cinétique.
- Pratiquement celle-ci est transformée en chaleur par un frottement entre un organe lié au châssis (organe fixe) et un organe lié aux roues (organe en mouvement).
- D'autres systèmes peuvent être imaginés:
 - Accroissement de la surface frontale du véhicule et augmentation du Cx (frein aérodynamique)
 - Accroissement des résistances internes:
 - Freins à récupération pour les véhicules électriques
 - Freins à courant de Foucault
 - Frein-moteur

3.5 Les freins



Le système de freinage de base



3.6 Le système électrique

- Initialement: seule fonction = système d'ignition (allumage)
- Rapidement: apparition du système d'éclairage
 - 1er standard = 6V
- Après la Seconde guerre mondiale: plus gros moteurs et apparition de systèmes électriques (radio, lève vitre, etc.)
 - standard = 12 V
 - toujours en vigueur
- Futur: accroissement de la demande de puissance électrique
 - futur standard = 42 V ?



3.6 Le système électrique

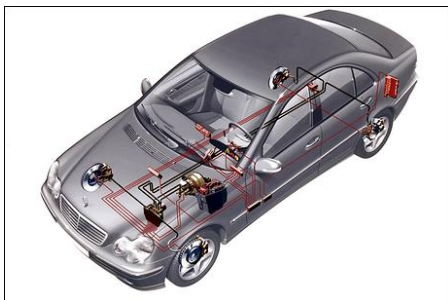
- Source de base de l'énergie électrique: génératrice
 - accouplée au vilebrequin par une courroie
 - génération de courant alternatif rectifié et régulé afin d'être compatible avec la charge électrique et permettre la charge de la batterie
- La batterie acide plomb
 - permet l'accumulation d'énergie électrique et la disponibilité d'énergie pour démarrer le moteur ou quand le moteur ne tourne pas assez vite (ralenti)
- Le démarreur
 - un petit moteur qui s'engage lorsque le moteur du démarreur commence à tourner et se retire automatiquement lorsque le moteur à combustion interne a démarré.
 - un petit moteur qui **admet un fort courant** pendant un court moment afin de pouvoir fournir une grande puissance pour un faible poids.

3.6 Le système électrique

- Nombreux accessoires fonctionnent à l'électricité:
 - éclairage
 - essuie-glace
 - dégivrage
 - climatisation



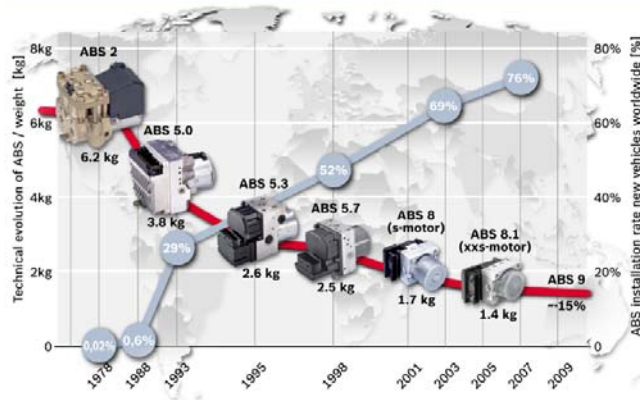
3.7 Les systèmes de sécurité



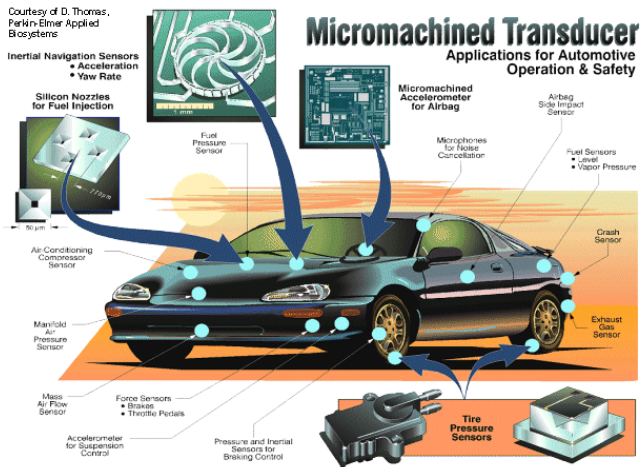
Système ABS dernière génération sur une Mercedes

3.7 Les systèmes de sécurité

30 Years of Safe Braking with Bosch ABS



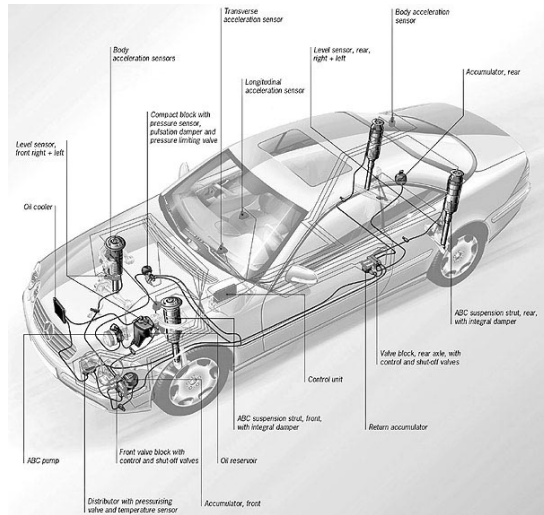
3.7 Les systèmes de sécurité





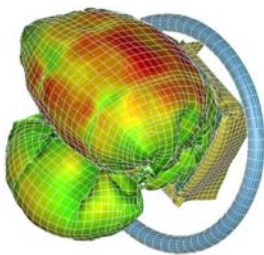
3.7 Les systèmes de sécurité

Multitude de capteurs sur une Mercedes récente



3.7 Les systèmes de sécurité

Système d'airbags



ADVANCED AIRBAG SYSTEM CONFIGURATION

