



INDUSTRIE



NUMÉRIQUE



MOBILITÉ

**NOTRE
MISSION**

FORMER LES TALENTS TECHNOLOGIQUES TOUT AU LONG DE LA VIE

Technifutur

PAE : Vision actuelle et future du secteur automobile

Phase 4 : Tables des matières



WWW.TECHNIFUTUR.BE



Propriété intellectuelle exclusive de Technifutur® ASBL

Table des matières

1	ADAS (Advanced Driver Assistant Systems).....	4
2	Fabrication additive	5
3	Pile à combustible hydrogène.....	8
4	Véhicule électrique et hybride	10
5	Analyse du cycle de vie.....	12
6	Intelligence artificielle et apprentissage machine	14
7	QRM (Quick Response Manufacturing).....	15
8	Robotique, cobotique et AGV (Automated Guided Vehicle).....	16



WWW.TECHNIFUTUR.BE



1 ADAS (Advanced Driver Assistant Systems)

1. Introduction
 - 1.1. Accidents de la route en chiffres
 - 1.1.1. Évolutions du nombre d'accidents, objectifs sécurité
 - 1.1.2. Principales causes connues
 - 1.2. Historique des premières mesures de sécurité
 - 1.2.1. Éléments du véhicule
 - 1.2.2. Conducteur
 - 1.2.3. Infrastructures
 - 1.3. Normes et organismes de contrôle
2. Capteurs intégrés au véhicule et systèmes de sécurité actuels
 - 2.1. Liste des capteurs du véhicule
 - 2.2. Liste des systèmes de sécurité associés
3. Capteurs « environnementaux » spécifiques (qui mesurent l'environnement du véhicule)
 - 3.1. Radar
 - 3.2. Ultra-sonique
 - 3.3. Caméras
 - 3.4. Comparaison des systèmes
4. Systèmes d'aide à la conduite
 - 4.1. Parking et remorque
 - 4.2. Atténuer les chocs, freinage d'urgence
 - 4.3. Eclairage intelligent
 - 4.4. Assistance à la conduite
5. Véhicules connectés
 - 5.1. V2V, vehicle to vehicle
 - 5.2. V2I, vehicle to infrastructure
 - 5.2.1. Carte de navigation par lidar
 - 5.2.2. Carte de navigation par radar
 - 5.2.3. GPS
6. Véhicules autonomes
 - 6.1. Notions d'analyse d'images
 - 6.2. Notions d'IA
 - 6.3. Les 5 niveaux d'autonomie
 - 6.4. Sur autoroute
 - 6.5. En ville

2 Fabrication additive

POUR TECHNICIEN

1. Introduction, de quoi s'agit-il?
2. Evolution du marché en chiffres et cycle de Hype (Gartner)
3. Chaîne de valeur
4. Rapid prototyping, rapid tooling et rapid manufacturing
5. Comparaison des technologies rapid manufacturing vs technologie conventionnelle
 - 5.1. Accroissement de la complexité des produits
 - 5.2. Réduction du time to market (exemple du projet Tenda)
 - 5.3. Optimisation des coûts de production
6. Les matériaux
 - 6.1. Polymères
 - 6.2. Métaux
 - 6.3. Céramiques
 - 6.4. Composites
 - 6.4.1. Les 8 familles de procédés de fabrication (SWOT + exemple vidéo) :
Description du procédé, avantages/inconvénients, exemples de pièces fabriquées, type de machines et exemple de fournisseurs de machines:
 - 6.5. Technologie « Stéréolithographie » : photopolymérisation
 - 6.6. Technologie « Powder Bed Fusion » : fusion sur lit de poudre
 - 6.7. Technologie « Binder Jetting » : projection de liant
 - 6.8. Technologie « Material Jetting » : projection de poudres
7. Les 8 familles de procédés de fabrication (SWOT + exemple vidéo) (SUITE) :
Description du procédé, avantages/inconvénients, exemples de pièces fabriquées, type de machines et exemple de fournisseurs de machines:
 - 7.1. Technologie « Sheet Lamination » : stratification de matériaux en feuilles
 - 7.2. Technologie « Material Extrusion » : extrusion de matière
 - 7.3. Technologie « Direct Energy Deposition » : déposition directe d'énergie
 - 7.4. Technologies hybrides
8. Reverse Engineering (Scanning 3D)
 - 8.1. Principe de fonctionnement des scanners
 - 8.2. Principe de la photogrammétrie
 - 8.3. Equipements, prix et caractéristiques
 - 8.4. Nettoyage du fichier de points et génération du STL
 - 8.5. Exemples (vidéos)
9. Pratique :
 - 9.1. Scanning de pièces types
 - 9.2. Préparation des fichiers CAO pour produire des pièces
 - 9.3. Lancement d'une impression
10. Trucs et astuces de conception pour l'AM
 - 10.1.1. (états de surface, jeux fonctionnels, retrait de matière, canaux internes, nettoyage,...)
11. Points d'attention pour le dimensionnement de pièces réalisées en AM
 - 11.1. La notion de contrainte dans le matériau
 - 11.2. Différence entre résistance et rigidité

- 11.3. Anisotropie des propriétés
- 12. Finitions des pièces (Description du procédé – avantages/inconvénients – exemples de pièces finies – type de machines – fournisseurs de machines)
 - 12.1. Traitements de surfaces soustractives
 - 12.1.1. Traitements mécaniques (sablage, tribo-finition, usinage mécanique, ...)
 - 12.1.2. Traitements chimiques (polissage, électrochimie, plasma, ...)
 - 12.2. Traitements de surfaces additives
 - 12.2.1. Traitements par voies sèche (projection thermique, laser cladding, CVD, PVD, ...)
 - 12.2.2. Traitements par voies humides (électrochimie, projection ou immersion dans une solution liquide)
- 13. Sécurité : Environnement de travail et manipulation des poudres
- 14. Pratique : Finition de pièces sur impression de la veille
- 15. Exemple de pièces fabriquées par additive manufacturing dans le cas de l'industrie automobile
- 16. Visite des laboratoires et ateliers (privé ou public)

POUR INGENIEUR

- 1. Introduction
- 2. Evolution du marché
- 3. Chaîne de valeur
- 4. Comparaison des technologies rapid manufacturing vs technologie conventionnelle
 - 4.1. Accroissement de la complexité des produits
 - 4.2. Réduction du time to market (exemple du projet Tenda)
 - 4.3. Optimisation des coûts de production
- 5. Les procédés de fabrication vs matériaux utilisés (SWOT) : Description du procédé, avantages/inconvénients, exemples de pièces fabriquées, type de machines et exemple fournisseurs de machines :
 - 5.1. Technologie « Stéréolithographie » : photopolymérisation
 - 5.2. Technologie « Powder Bed Fusion » : fusion sur lit de poudre
 - 5.3. Technologie « Binder Jetting » : projection de liant
 - 5.4. Technologie « Material Jetting » : projection de poudres
 - 5.5. Technologie « Sheet Lamination » : stratification de matériaux en feuilles
 - 5.6. Technologie « Material Extrusion » : extrusion de matière
 - 5.7. Technologie « Direct Energy Deposition » : déposition directe d'énergie
 - 5.8. Technologies hybrides
- 6. Trucs et astuces pour la conception de pièces en AM
 - 6.1.1. (Précision, état de surface, retrait, canaux internes, nettoyage des creux, filets...)
- 7. Lancement d'une impression FDM sur machine desktop
- 8. Finition des pièces : Description du procédé, avantages/inconvénients (SWOT), exemples de pièces finies, type de machines et exemple de fournisseurs de machines :
 - 8.1. Traitements de surfaces soustractives
 - 8.1.1. Traitements mécaniques (sablage, tribo-finition, usinage mécanique, ...)

- 8.1.2. Traitements chimiques (polissage, électrochimie, plasma, ...)
- 8.2. Traitement de surfaces additives
 - 8.2.1. Traitements par voies sèches (projection thermique, laser cladding, CVD, PVD,...)
 - 8.2.2. Traitements par voies humides (électrochimie, projection ou immersion dans une solution liquide)
- 9. Reverse engineering (Scanning et photogrammétrie)
 - 9.1. Principe de fonctionnement des scanners 3D
 - 9.2. En quoi consiste la photogrammétrie
 - 9.3. Les équipements et logiciels, prix et caractéristiques
 - 9.4. Nettoyage d'un fichier de points et exportation en STL
 - 9.5. Exemples
- 10. Aspects qualités des pièces produites en AM vs. productions dites « classiques »
- 11. Visite des laboratoires (public ou privé)

3 Pile à combustible hydrogène

POUR TECHNICIEN

1. Un mot au sujet des véhicules au gaz naturel comprimé (CNG-CH₄)
 - Avantages/inconvénients, architecture du système, Sécurité du stockage à bord
2. Généralités concernant l'hydrogène
3. Production de l'hydrogène
 - Electrolyseur alcalin, zéro gap, PEM, AEM

[Démonstration 1 : électrolyse de l'eau](#)
4. Historique et applications des Piles à Combustibles
5. Principes de fonctionnement d'une pile à combustible
6. La PAC dans un système : alimentations et refroidissement

[Démonstration 2 : pile de 500 watts sur banc](#)
7. La motorisation basée sur une PAC (powertrain)

[Démonstration 3 : maquette didactique de véhicule](#)
8. Le stockage à bord et la station de remplissage
9. Les principaux circuits et les composants :
 - Hydrogène : détendeur, tuyaux, électrovannes, vanne 3 voies, pompe
 - Air : filtre, compresseur, intercooler, humidificateur, by-pass, contre-pression
 - Refroidissement : pompe, filtre résine, radiateur, chauffage habitacle
 - Électrique : batterie, booster, onduleur, moteurs électriques
10. Maintenance et sécurité

[Démonstration 4 : maquette didactique de véhicule](#)
11. Conclusions

POUR INGENIEUR

1. Introduction :
 - 1.1. Bref rappel du contexte
 - 1.2. Historique et perspectives de développements des PACs, des batteries et des super capacités
2. Electrochimie générale
 - 2.1. Systèmes en fonctionnement réversible : rappel des notions élémentaires d'électrochimie (réactions rédox, cellules électrochimiques, force électromotrice standard et non standard) et de thermodynamique (thermodynamique des systèmes électrochimiques réversibles) ;
3. Description des cellules électrochimiques :
 - 3.1. Principe de fonctionnement des générateurs primaires (piles) et secondaires (batteries),
 - 3.2. Différents types de piles à combustible, des capacités et super capacités
 - 3.3. Comparaison des différents domaines de fonctionnement de ces systèmes
4. Cellules réelles en fonctionnement :
 - 4.1. Rendement
 - 4.2. Relation tension-courant
 - 4.3. Surtensions
 - 4.4. Fonctionnement réel détaillé des piles à électrolyte membrane polymère (PEMFCs)

- 4.5. Méthodes de caractérisation des éléments et des systèmes en fonctionnement
- 5. Gestion du combustible :
 - 5.1. Hydrogène (production, stockage et distribution)
 - 5.2. Gaz naturel
 - 5.3. Autres
- 6. Aspects « sécurité » liés à l'hydrogène :
 - 6.1. Propriétés de l'hydrogène,
 - 6.2. Risques associés,
 - 6.3. Normes et réglementations

4 Véhicule électrique et hybride

POUR TECHNICIEN

1. Pourquoi électrifier les véhicules ?
2. Schéma fonctionnel et rôle des composants
3. Les batteries sous haute tension
 - Types de batteries
 - Caractéristiques / performances / Usure
 - Gestion par BMS et refroidissement
 - Recyclage
 - Les supercondensateurs
4. Les machines électriques AC
 - Principe de fonctionnement
 - Machines Asynchrones/Synchrones à aimants et bobinés/Reluctance variable
5. Les convertisseurs de tensions électriques
 - DC/AC - Onduleur de traction réversible
 - AC/DC - Chargeur embarqué
 - DC/DC - Chargeur de la batterie 12V
6. Les différents accessoires sous haute tension
7. Le freinage et la réversibilité électrique
 - Le circuit de freinage modifié
 - La stratégie de récupération d'énergie (automobile/poids-lourd)
8. Architecture du véhicule électrique
9. Architecture du véhicule hybride
 - Hybride parallèle
 - Hybride série
 - Hybride combiné
 - Pile à combustible
10. Le travail en sécurité sur un véhicule électrique/hybride
 - Rappel de la structure de certification HEV pour le secteur garage
 - Les différents risques et comment les reconnaître
 - Procédure générale de consignation
 - Manipulation et stockage des batteries
 - Où trouver les informations générales, ERG et Rescue Sheets

POUR INGENIEUR

1. Pourquoi électrifier les véhicules ?
2. Schéma fonctionnel et rôle des composants
3. Les batteries sous haute tension
 - Types de batteries

- Caractéristiques / performances / Usure
- Gestion par BMS et refroidissement
- Recyclage
- Les supercondensateurs
- 4. Les machines électriques AC
 - Principe de fonctionnement
 - Machines Asynchrones/Synchrones à aimants et bobinés/Reluctance variable
- 5. Les convertisseurs de tensions électriques
 - DC/AC - onduleur de traction réversible
 - AC/DC - Chargeur embarqué
 - DC/DC - chargeur de la batterie 12V
- 6. Les différents accessoires sous haute tension
- 7. Le freinage et la réversibilité électrique
 - Le circuit de freinage modifié
 - La stratégie de récupération d'énergie
- 8. Architecture du véhicule électrique
- 9. Démonstrations et essais de véhicules électriques
- 10. Introduction aux véhicules hybrides
- 11. Architecture du véhicule hybride
 - Hybride parallèle
 - Hybride série
 - Hybride combiné
 - Pile à combustible
- 12. Démonstrations et essais de véhicules hybrides
- 13. Les différents risques liés aux véhicules électriques et hybrides
 - La manipulation du véhicule
 - Le risque électrique
 - Le risque d'incendie
 - Le risque chimique
 - Le risque magnétique
- 14. Le travail en sécurité sur un véhicule électrique/hybride
 - Rappel de la structure de certification HEV pour le secteur garage
 - Où trouver les informations générales, ERG et Rescue Sheets
 - Consignation du véhicule
 - Aperçu général
 - Cas spécifiques
 - Manipulation et stockage des batteries
- 15. Démonstrations de consignation sur véhicule électrique/hybride

5 Analyse du cycle de vie

POUR TECHNICIEN

1. Introduction: Qu'est-ce qu'une ACV? Pour qui l'ACV est utile ?
2. Les réglementations en vigueur (ISO 14000, ISO 9000 and ISO 14044)
3. Comment réaliser une ACV?
 1. Définition de l'objectif et du cadre de l'étude
 2. Analyse de l'inventaire du cycle de vie du produit
 3. Evaluation des impacts
 4. Analyse et interprétation des résultats
4. Le marketing (green washing)
5. Etudes de cas:
 1. Eolienne
 2. Smartphone
 3. Déboisement de forêts
 4. Briques de lait
6. Logiciels et bases de données
7. Démonstration : différents exemples d'ACV provenant du projet LV2025

POUR INGENIEUR

1. L'ISO 14000 : Management environnemental
 - 1.1. Parallélisme des normes iso 14000 (environnement) et iso 9000 (qualité)
2. Définition d'un cycle de vie d'un produit
3. Impact de l'écoconception sur le cycle de vie d'un produit
4. Pourquoi réaliser une étude du cycle de vie d'un produit (exemples sectoriels) ?
5. Quelles sont les phases d'une étude ACV selon l'ISO 14044 ?
6. Méthodologie : les 4 étapes d'une ACV :
 - 6.1. Définition du but recherché
 - 6.1.1. Objectifs de l'étude
 - 6.1.2. Définition des fonctions du produit,
 - 6.1.3. Définition des frontières du système,
 - 6.1.4. Définition des limites du système,
 - 6.1.5. Définition des catégories d'impact et sélection de méthode
 - 6.2. Analyse de l'inventaire du cycle de vie du produit
 - 6.2.1. Données primaires vs données secondaires
 - 6.2.2. Préparation de la collecte des données,
 - 6.2.3. Collecte des données (via base de données ou prises de mesures),
 - 6.2.4. Vérification des données,
 - 6.2.5. Base de données commerciales (Gabi, Eco-invent,...),
 - 6.2.6. Résoudre les multifonctionnalités
 - 6.3. Evaluation des impacts
 - 6.3.1. Méthodes orientées problèmes vs dommages
 - 6.3.2. Type d'impacts :
 - 6.3.2.1. Catégories orientés dommage

- 6.3.2.1.1. Ressources ;
- 6.3.2.1.2. Changement climatique ;
- 6.3.2.1.3. Santé humaine ;
- 6.3.2.1.4. Qualité écosystème ;
- 6.3.2.2. Catégories orientées problèmes (dépend de la méthode utilisée)
 - 6.3.2.2.1. changements climatiques / réchauffement climatique ;
 - 6.3.2.2.2. destruction de l'ozone stratosphérique ;
 - 6.3.2.2.3. acidification des océans et des sols ;
 - 6.3.2.2.4. ...
- 6.3.3. Classification des éléments de l'inventaire
- 6.3.4. Caractérisation des impacts
 - 6.3.4.1. Notion de facteur de caractérisation
 - 6.3.4.2. Importance des logiciels
- 6.3.5. Normalisation
- 6.3.6. Groupement
- 6.3.7. Pondération
 - 6.3.7.1. Méthode 1 : évaluation sociale des dommages ;
 - 6.3.7.2. Méthode 2 : évaluation des coûts de prévention ;
 - 6.3.7.3. Méthode 3 : évaluation de la consommation d'énergie ;
 - 6.3.7.4. Méthode 4 : évaluation par un expert ;
 - 6.3.7.5. Méthode 5 : évaluation de seuils à ne pas dépasser.
- 6.4. Analyses et interprétations des résultats (ISO 14043)
 - 6.4.1. Outils d'analyse des résultats
 - 6.4.1.1. Analyse de contribution ;
 - 6.4.1.2. Analyse de dominance ;
 - 6.4.1.3. Analyse d'influence.
 - 6.4.2. Outils de vérification
 - 6.4.2.1. Etudes des sources d'incertitudes ;
 - 6.4.2.2. Evaluation et contrôle de complétude ;
 - 6.4.2.3. Evaluation et contrôle de la sensibilité ;
 - 6.4.2.4. Evaluation et contrôle de la cohérence ;
 - 6.4.2.5. Evaluation et contrôle de la qualité des données ;
 - 6.4.2.6. Analyse d'incertitude (méthode de Monte-Carlo).
 - 6.4.3. Conclusions et recommandations.

6 Intelligence artificielle et apprentissage machine

1. Définitions
 - 1.1. Généralités
 - 1.2. Evolutions
2. Les composants de l'IA
3. C'est quoi un algorithme ?
4. C'est quoi une probabilité ?
5. L'IA doit apprendre
 - 5.1. Principe général
 - 5.2. Apprentissage supervisé avec étiquette
 - 5.3. Apprentissage supervisé sans étiquette
 - 5.4. Apprentissage par renforcement
 - 5.5. Exemples
6. L'IA peut (rarement) se tromper
7. L'IA, pourquoi maintenant ?
8. Applications de l'IA
9. Les dangers de l'IA

7 QRM (Quick Response Manufacturing)

1. Introduction
 - 1.1. Exemple de problématique
 - 1.2. Evolution du focus des entreprises
 - 1.3. Les types de variables par rapport aux stratégies
 - 1.4. QRM et LEAN
2. Durée de processus
 - 2.1. MCT (Manufacturing Critical-path Time) et les pertes dans le circuit traditionnel
 - 2.2. Exemples
 - 2.3. MCT Mapping
3. Structure organisationnelle
 - 3.1. Organisation traditionnelle (en silos)
 - 3.2. Spirale du temps de réponse
 - 3.3. Du traditionnel vers le QRM
 - 3.3.1. Quick Response Office Cell
 - 3.3.2. Quick Response Manufacturing Cell
 - 3.3.3. Management Top-Down vers FTMS
 - 3.3.4. Membres de l'équipe
 - Mentalité
4. Dynamiques du système
 - 4.1. Charge de travail moyenne/Pic
 - 4.2. Capacité de réserve
 - 4.3. Relation entre la durée du flux de production par rapport à l'utilisation
5. Communication entre cellules QRM
 - 5.1. Tableaux de fonctionnement visuels
 - 5.2. Découpage et répartition du temps de travail
 - 5.3. POLCA (Paired-cell Overlapping Loops of Cards with Authorization)
 - 5.4. Exemples
6. Value Stream Mapping
7. Takt time, Lead time, IDLE time, LAG time and Cycle time
8. Exemples

8 Robotique, cobotique et AGV (Automated Guided Vehicle)

1. Introduction
 - 1.1. Historique
 - 1.2. Définition
2. Applications
 - 2.1. Types d'applications
 - 2.2. Nombre d'installations
 - 2.3. Ventes
 - 2.4. Les entreprises de robotique
 - 2.5. Les métiers
3. Principes
 - 3.1. Caractéristiques
 - 3.2. Zones de travail
 - 3.3. Bras de levier et charges
 - 3.4. Moteurs
 - 3.5. Sélecteur de modes
 - 3.6. HMI Robot
 - 3.7. Coordonnées dans l'espace
4. Sécurité
 - 4.1. En industrie
 - 4.2. En formation
 - 4.3. Risques
5. Limites
 - 5.1. Choisir un robot
6. Outils
 - 6.1. Rôles
 - 6.2. Domaines
 - 6.3. Outils simples, complexes et innovants
 - 6.4. Outils sur robots
7. Déplacer un robot
 - 7.1. En manuel
 - 7.2. Vitesse de déplacement
8. Configuration d'un robot et d'une carte pour un robot mobile
 - 8.1.1. Plans
9. Programmer un robot
 - 9.1. Entrées/ Sorties
 - 9.2. Réglage de l'outil et des plans
 - 9.3. Configuration de la charge
 - 9.4. Coder un déplacement
 - 9.5. Composition d'un point
 - 9.6. Types de trajectoires
 - 9.7. Lissage
10. Gestion et réalisation d'un programme
 - 10.1. Créer un programme
 - 10.2. Insérer un point et une sortie
 - 10.3. Tester un programme
 - 10.4. Démarrer un programme
11. Exercices
 - 11.1. Modes manuels
 - 11.2. Créer un programme et une trajectoire
 - 11.3. Créer les plans et les outils

- 11.4. Compréhension de programmes
- 11.5. Trajectoire complexe
- 11.6. Programme avec BP de démarrage
- 11.7. Démarrage avec messages et alarmes