



**CAMPUS
DES MÉTIERS
ET DES
QUALIFICATIONS**

Auto'Mobilités
Auvergne-Rhône-Alpes



“



ARCHITECTURE DES VÉHICULES ELECTRIFIÉS

Parcours de formation

Ce document vous est remis à titre personnel. La reproduction, l'adaptation ou l'utilisation de tout ou partie de ce document est autorisée pour un usage personnel et privé, à l'exclusion de toute utilisation commerciale. En cas de partage et/ou d'adaptation, vous vous engagez à créditer le document et à indiquer si des modifications ont été effectuées.

CARA



AUVERGNE - RHÔNE - ALPES
EUROPEAN CLUSTER
FOR MOBILITY SOLUTIONS

PRESENTATION

Le Campus des Métiers et des Qualifications Auto'Mobilités (Auvergne-Rhône-Alpes) est fier de vous partager cet e-book de formation sur le thème de l'architecture des véhicules électrifiés.

Co-créé par des professionnels de la pédagogie, des industriels, des chercheurs et des apprenants, ce livret propose différents modules reprenant les besoins en compétences clés liés au thème associé.

Chaque e-book propose :

1. Un panorama des objectifs pédagogiques reprenant les besoins du terrain
2. Un séquençement lisible en modules et en chapitres
3. Les savoirs clés essentiels pour chaque chapitre
4. Des suggestions de questions d'évaluation

Tout enseignant ou formateur peut exploiter et s'approprier les ressources de ce parcours pour son propre exercice.

Le campus met également à disposition des outils pédagogiques matériels et digitaux développés collaborativement.

N'hésitez pas à nous contacter pour obtenir les parcours développés sur d'autres thématiques, pour toute suggestion ou question sur les contenus et outils pédagogiques.

POUR + D'INFORMATIONS

Rendez-vous sur [le site internet du CMQ Auto'Mobilités](#)

Contactez le directeur opérationnel du campus : [M. BENECH David](#)

SOMMAIRE

Module 1 - Cadre et contexte

Module 2 - Power Management

Module 3 - Architecture physique / Hardware

Module 4 - Sureté et Sécurité

Module 5 - Introduction aux outils

Evaluation du parcours – Questions de QCM

OBJECTIFS

- Comprendre et anticiper l'impact des transitions technologiques et sociologiques sur l'architecture
- Modéliser, paramétrer, analyser et évaluer l'architecture des véhicules hybrides et électriques
- Maîtriser les règles de sécurité et les différents outils

Pourquoi l'automobile doit-elle s'adapter ?

Chapitre 1 Comment l'automobile influence-t-elle l'environnement ?

Chapitre 2 Quel est le rôle du législateur ?

Chapitre 3 Quels sont les enjeux géopolitiques (macroéconomiques) ?

Chapitre 4 Quelles sont les nouvelles attentes des clients (cas d'usage)?

Chapitre 5 Quelles sont les spécificités locales qui influent sur la mise en oeuvre des nouvelles solutions ?

Chapitre 6 Comment exercer une veille technologique ?

 Sensibilisation

Et 3 niveaux d'apprentissage :

 Approfondissement

 Expertise

Chapitre 1 ●

Comment l'automobile influence-t-elle l'environnement ?

- En utilisation, un véhicule émet des polluants ; certains ont une influence sur le climat, ou localement sur la santé (particules) et son environnement proche
- Consciente de son impact, l'industrie automobile s'est mobilisée et a déjà réduit sa part de pollution par rapport aux autres activités/acteurs industriels
- Il faut considérer tout le cycle de vie, de la fabrication jusqu'au recyclage (ex : batterie)
- Pour fabriquer un véhicule, il faut des matériaux qui sont obtenus à partir de ressources naturelles qu'il faut transformer. Cette transformation peut générer elle-même des émissions polluantes



Connaître l'impact écologique tout au long du cycle de vie du produit ainsi que les contraintes environnementales afférentes

Chapitre 2

Quel est le rôle du législateur ?

- Au niveau européen, national ou local le législateur fixe le cadre réglementaire, il oriente certains choix technologiques : niveau de pollutions, zones faibles émissions
- Pour le transport routier, les principales directives et les normes euro (Euro 1 à Euro 6d, et plus tard Euro 7) qui évoluent dans le temps avec des spécificités VL ou PL.
- Pour garantir l'application des directives, le législateur fixe également les conditions d'essai, en particulier les cycles de roulage et contrôle technique
- En cas de non-respect, le législateur détermine les sanctions applicables



Connaître les normes (actuelles et futures) et leur champ d'application

Chapitre 3 ●

Quels sont les enjeux géopolitiques (macroéconomiques) ?

- Enjeux sur la disponibilité des ressources naturelles pour fabriquer des véhicules et les utiliser, et leur localisation dans le monde
- Les enjeux pour de nouvelles énergies sont :
 - Des investissements massifs pour construire l'industrie et les infrastructures de distribution
 - Des investissements pour développer de nouvelles compétences
- Ces mutations génèrent de nouvelles opportunités = énergie verte produite localement, nouvelles industries, nouveaux modèles économiques



Connaître les impacts au niveau macroéconomiques et sur les décisions politiques

Chapitre 4

Quelles sont les nouvelles attentes des clients (cas d'usage) ?

- Les usages de mobilités évoluent avec l'apparition des nouvelles technologies (Internet, Smart Phone, ...)
- Les nouvelles attentes :
 - Liberté d'usage sans contraintes (j'achète de la mobilité et pas un véhicule)
 - On cherche un mode de mobilité qui réponde à un usage spécifique



- Connaître les évolutions sociétales
- Connaître les cas d'usage classiques et les conséquences sur la conception des produits (mer, montagne, ville, longue distance, pro, perso)

Chapitre 5

Quelles sont les spécificités locales qui influent sur la mise en œuvre des nouvelles solutions ?

- Les spécificités locales qui influencent la mise en œuvre des nouvelles solutions sont :
 - La densité de population (environnement urbain, périurbain et local)
 - Le relief, la typologie de parcours
 - L'accès aux sources d'énergie, le coût de production/stickage/distribution de l'énergie
 - Les politiques incitatives locales



- Connaître et comprendre l'incidence de la maturité des réseaux des différents pays

Chapitre 6

Comment exercer une veille technologique ?

- Il existe différents moyens de s'informer (presse, salons, rencontres professionnelles, publications scientifiques et sociétales, etc.)
- Il est important de vérifier les sources d'information et de considérer ces informations comme des opportunités de questionnement et non pas comme des vérités absolues



- Comprendre l'intérêt de la veille technologique

MODULE 2 POWER MANAGEMENT

Comment le véhicule doit-il gérer son énergie pour un résultat optimum ?

Chapitre 1 Qu'est-ce qu'un résultat optimum et pourquoi y en a-t-il plusieurs ?

Chapitre 2 Quels sont les arbitrages à faire ?

Chapitre 3 Quels sont les scénarios disponibles (combinaisons de système) ?

Chapitre 4 Quelles sont les technologies disponibles et leur domaine d'application ?

Chapitre 5 Quels sont les outils dont j'ai besoin ?

Chapitre 6 Comment prendre en compte les enjeux de Safety ?

Chapitre 7 Comment réalise-t-on le contrôle système associé ?

 Sensibilisation

Et 3 niveaux d'apprentissage :

 Approfondissement

 Expertise

MODULE 2

POWER MANAGEMENT

Chapitre 1 ●

Qu'est-ce qu'un résultat optimum et en quoi/pourquoi y en a-t-il plusieurs ?

- Un résultat optimum = Ce qui répond le mieux au(x) besoin(s) tout en minimisant les coûts
- Il y a plusieurs usages, attentes (=objectifs) et des contraintes plus ou moins importantes
- Un résultat optimum = Ce qui maximise l'expérience utilisateur après intégration des contraintes



Connaitre les conditions d'usage et son optimum associé
Connaitre le cadre réglementaire
Savoir analyser et comprendre un cahier des charges

Chapitre 2 ●

Quels sont les arbitrages à faire ?

- Il y a différents types d'arbitrage (puissance / conso / coût / résultat)
- Il est nécessaire de prioriser
- Il est possible de modéliser les arbitrages



Utiliser les outils de modélisation
Construire les modèles
Réaliser les arbitrages

Chapitre 3 ●

Quels sont les scénarios disponibles (combinaisons de système) ?

- Ils sont construits en fonction des typages parcours (mer, montagne, ...) et client (sport, ...)
- Ils doivent permettre de prévoir la capacité d'apprentissage (adaptabilité) du système



Paramétrer en fonction de l'expérience utilisateur recherchée
Gérer les transitoires

MODULE 2

POWER MANAGEMENT

Chapitre 4

Quelles sont les technologies disponibles et leur domaine d'application ?

- Il en existe 4 types basés sur les sciences de l'électromécanique, le thermodynamique, la chimie les automatismes
- Ces technologies sont classées en 2 familles : les conventionnelles et celles liées à l'électrification.
- Leur performance dépend du champ de contraintes



Connaitre les architectures hybrides

Connaitre l'adéquation architecture / usage

Connaitre les performances des technologies disponibles (coût, rendement ...) en fonction des différents attributs

Chapitre 5

Quels sont les outils dont j'ai besoin ?

- Ce sont les outils de modélisation, de mesure et acquisition et ceux pour tester et corrélérer
- Pour manipuler les différents outils il est nécessaire de connaître les fondamentaux des technologies disponibles



Construire un modèle

Paramétrer un modèle (en partant de modèle de composants complexes)

Chapitre 6

Comment prendre en compte les enjeux de Safety ?

- Il faut connaître les aspects réglementaires
- Il faut anticiper les modes de défaillances (humains ou techniques) et s'en protéger au niveau Inter- face hommes/machines et machines/machines



Comprendre le rôle de l'ingénieur Safety

Comprendre les demandes de l'ingénieur Safety

Chapitre 7

Comment réalise-t-on le contrôle système associé ?

- Il faut mesurer/évaluer pour les comparer à un standard prédéterminé
- L'analyse des écarts par rapport aux prévisions qui permet d'effectuer des adaptations et des corrections
- C'est un processus dynamique et itératif



Faire des analyses de mode de défaillances

Spécifier les fonctions du système de contrôle commun

MODULE 3

ARCHITECTURE PHYSIQUE / HARDWARE (HW)

Quelle architecture physique et hardware pour quel(s) usage(s) ?

Chapitre 1 Comment dimensionner et paramétrer la bonne architecture (physique et hardware) en fonction des usages (durée de vie, taille, capacité...)?

Chapitre 2 Comment positionner la bonne architecture (physique et hardware) en fonction des usages (câblage, système...)?

Chapitre 3 Comment analyser la bonne architecture (tester, mettre à jour) ?

 Sensibilisation

Et 3 niveaux d'apprentissage :

 Approfondissement

 Expertise

MODULE 3

ARCHITECTURE PHYSIQUE / HARDWARE (HW)

Chapitre 1 ●

Comment dimensionner et paramétrer la bonne architecture (physique et hardware) en fonction des usages (durée de vie, taille, capacité...) ?

- Cela dépend des usages opérationnels (urbain, périurbain, tourisme, utilitaire) et des durées de fonctionnement en autonomie : on analyse le cahier des charges
- En fonction des données constructeurs (Fiches techniques) on sélectionne les différents composants et on réajuste la dimension (puissance et physique) du couple batteries/moteurs. Selon ces mêmes données on arbitre entre les différentes architectures physiques (HVE-VE)
- On réalise une étude structurelle et fonctionnelle sous forme de synoptique (interaction des éléments, comment c'est fait, comment on recharge les batteries)



Connaitre les ordres de grandeurs des différents composants (puissance, taille, capacité de vie, physique, chimique, énergétique, stockage, résistance)

Identifier les paramètres, les caractéristiques du véhicule en fonction de l'usage (débit, volume, tension, etc.)

Chapitre 2 ● ●

Comment positionner la bonne architecture en fonction des usages ?

- Cela dépend des usages opérationnels (urbain, périurbain, tourisme, utilitaire) et du dimensionnement : on analyse le cahier des charges
- En fonction des données du bureau d'études (usages opérationnels, durées de fonctionnement) on réajuste le positionnement des composants
- On réalise une étude structurelle et fonctionnelle sous forme de synoptique (interaction des éléments, comment c'est fait, comment on recharge les batteries)



Placer les différents composants au sein du véhicule en fonction des usages

Chapitre 3 ●

Comment analyser la bonne architecture (tester, mettre à jour) ?

- À l'aide d'un outil de diagnostic, on vérifie les paramètres physiques et numériques (manque de puissance, ne démarre pas)
- À l'aide d'un outil d'essai (physique ou simulation), on vérifie l'adéquation du cahier des charges aux paramètres des constructeurs et du bureau d'études



Lire, tester et mettre à jour les données des extractions

MODULE 4

SURETÉ ET SÉCURITÉ

En quoi la sureté et la sécurité sont des éléments structurants pour l'automobile ?

Chapitre 1 Qu'est-ce qu'englobent la sureté et la sécurité pour chaque étape du cycle de vie d'un véhicule (conception/utilisation/réparation/maintenance/recyclage) ?

Chapitre 2 Comment les évolutions technologiques impactent la sureté et la sécurité (passage de système mécanique à un système mécatronique complexe) ?

Chapitre 3 Quelle est l'influence du législateur sur la sureté et la sécurité du véhicule ?

Chapitre 4 Quelles sont les méthodes qui peuvent être utilisables pour évaluer les risques et s'en prémunir ?

 Sensibilisation

Et 3 niveaux d'apprentissage :

 Approfondissement

 Expertise

Chapitre 1 ●

Qu'est-ce qu'englobent la sureté et la sécurité pour chaque étape du cycle de vie d'un véhicule (conception/utilisation/réparation/maintenance/recyclage) ?

- Un système sûr est un système qui ne met pas en danger et est robuste
- Un système sécurisé est un système qui protège
- Dans la phase de conception on est plutôt prédictif/anticipation = notion de sureté
- Dans les phases d'utilisation, de maintenance, de réparation et de recyclage on retrouve plutôt la notion de sécurité



Connaitre la différence entre sureté et sécurité
Connaitre les différentes étapes du cycle de vie d'un véhicule
Associer les notions de sureté et de sécurité à chacun des étapes du cycle de vie d'un véhicule

Chapitre 2 ●

Comment les évolutions technologiques impactent la sureté et la sécurité (passage de système mécanique à un système mécatronique complexe) ?

- Un système mécanique est un système physique (HW uniquement)
- Un système mécatronique est système complexe comprenant des pièces et des logiciels (HW physique et logiciels)
- Les risques liés aux systèmes comprenant de l'électricité/électronique sont : électrocution, feux, explosion, émanations gaz ... certains des risques sont invisibles.
- Les moyens de s'en prémunir sont : habilitations / EPI-EPC / consignation



Comprendre les écarts entre 1 système mécanique et un système mécatronique
Comprendre les risques associés à ces systèmes complexes mécatroniques et connaîtront les règles de protection élémentaires

Chapitre 3 ●

Quelle est l'influence du législateur sur la sureté et la sécurité du véhicule ?

- Le législateur définit le cadre réglementaire pour l'homologation et la mise en œuvre des nouvelles technologies (normes HW & SW)
- Les organismes certificateurs mettent en œuvre les réglementations et délivrent les homologations
- Les responsabilités sont déterminées par le législateur



Comprendre les aspects sureté et sécurité qui ont conduit le législateur à définir le cadre réglementaire
Comprendre l'importance de l'homologation d'un véhicule

Chapitre 4 ●

Quelles sont les méthodes qui peuvent être utilisables pour évaluer les risques et s'en prémunir ?

- L'application des règles d'habilitation
- L'utilisation systématique des équipements de sécurité
- Des méthodologies de prédiction et de levée des risques existent (AMDEC/FMEA Analyse fonctionnelle, analyse des risques)



Savoir utiliser les moyens d'essai, de mesure et de diagnostique
Connaître les habilitations requises
Savoir utiliser les EPI/EPC
Connaître les outils de prédictions du risque (AMDEC, Analyse de risque, ...)

MODULE 5

INTRODUCTION AUX OUTILS

Quels sont les apports des outils (numériques) de la conception à la maintenance (cycle de vie incluant recyclage) des nouveaux véhicules ?

Chapitre 1 Pourquoi a-t-on besoin d'outils ?

Chapitre 2 Quels sont les outils et leurs applications ?

Chapitre 3 Comment optimiser l'utilisation des outils ?

 Sensibilisation

Et 3 niveaux d'apprentissage :

 Approfondissement

 Expertise

MODULE 5

INTRODUCTION AUX OUTILS

Chapitre 1 ●

Pourquoi a-t-on besoin d'outils ?

- Les véhicules sont constitués de nombreux sous-systèmes qui interagissent et les outils permettent de gérer cette complexité et d'obtenir des informations exploitables
- Ils permettent de raccourcir/réduire les temps/délai dans les différentes phases et les coûts associés (horaire, investissement, ...)



Comprendre en quoi les outils permettent d'appréhender les systèmes complexes que sont les véhicules
Comprendre comment les outils permettent de répondre aux enjeux de coûts, de qualité et délais

Chapitre 2 ●

Quels sont les outils et leurs applications ?

- Il existe des outils de simulation de phénomènes physiques, de systèmes complets
- Il existe des outils de traitement et d'analyse des données (phase d'essai et de diagnostic)
- Il faut choisir l'outil adapté au niveau de complexité de la modélisation dont on a besoin



Connaitre les différents types d'outils
Choisir les outils adaptés aux besoins métiers

Chapitre 3 ●

Comment optimiser l'utilisation des outils ?

- Les hypothèses et les données de départ sont déterminantes pour l'obtention de résultats pertinents et représentatifs de la réalité
- L'utilisateur doit exercer son regard critique sur les résultats obtenus
- Il faut intégrer les caractéristiques techniques (précision, temps de calcul, interface) des différents outils pour en tirer le meilleur parti
- Les problèmes et données d'entrée doivent être décrits et structurés de manière reproductible et partagés entre les membres des équipes



Comprendre l'importance de bien formaliser les problèmes et choisir les bons paramètres
Savoir interpréter les résultats
Connaitre les limites des outils

EVALUATION DU PARCOURS

Retrouvez ci-dessous des exemples de questions de QCM à réutiliser sur cette thématique

1. Qu'est-ce qu'un véhicule hybride ?
 - Un véhicule électrique rechargeable
 - Un véhicule pouvant fonctionner à partir de 2 sources d'énergie
 - Un véhicule thermique à carburant flexible
2. Dans un véhicule hybride série, le moteur thermique sert :
 - Uniquement à alimenter le moteur électrique
 - A recharger la batterie et à la propulsion
 - Uniquement à la propulsion
3. Un véhicule hybride parallèle peut fonctionner :
 - Uniquement avec le moteur thermique
 - Uniquement avec le moteur électrique
 - Avec les 2 deux en même temps
4. Dans un véhicule hybride, la répartition entre électrique et thermique est choisi en fonction :
 - du conducteur
 - de la puissance demandée aux roues
 - de la vitesse du véhicule
 - de l'état de charge de la batterie
5. A quoi sert l'homologation d'un véhicule ?
 - A adapter sa technologie aux différents cas d'usages
 - A assurer sa sûreté et sa sécurité
 - A optimiser le processus de modélisation
6. Pourquoi les technologies des véhicules hybrides et électriques entraînent-elles de nouveaux risques ?
 - Le système mécanique évolue vers un système mécatronique
 - Le système hardware devient un système software
 - L'électricité est un facteur de risques invisibles
7. Le législateur délivre les homologations des véhicules
 - Vrai
 - Faux

8. Quel(s) élément(s) doit-on prendre en compte lorsqu'on souhaite mettre en œuvre une nouvelle solution de mobilité ?
- Les spécificités locales
 - Les attentes des usagers
 - Les impacts environnementaux
 - Les décisions politiques
9. Lorsqu'il s'agit de protéger les personnes et les biens dans la phase de conception véhicule, on parle alors :
- De sûreté
 - De sécurité
10. La solution de mobilité ne sera pas la même selon le relief de l'environnement où l'on souhaite l'implanter.
- Vrai
 - Faux
11. Quand peut-on mobiliser les outils numériques pour le véhicule ?
- Pendant la phase de conception
 - Pendant la phase de maintenance
 - A chaque étape du cycle de vie
12. La désignation du positionnement de la machine électrique a été standardisée de P0 à P5. Associe le positionnement à sa désignation
- Machine avec courroie sur la face accessoires du moteur thermique P0
 - Machine fixée directement en bout du vilebrequin P1
 - Machine entre le moteur thermique et la transmission P2
 - Machine intégrée à la chaîne cinématique de la boîte de vitesses P3
 - Machine sur l'essieu moteur P4
 - Machine dans un moyeu de roue P5



Ce parcours a été réalisé avec le soutien du Programme d'investissement d'avenir

