



PILES À COMBUSTIBLE : Technologies et Applications pour la Mobilité Lourde et la Décarbonation Industrielle

Lien :

<https://afrique-formation.com/formation/piles-a-combustible-technologies-et-applications-pour-la-mobilite-lourde-et-la-decarbonation-industrielle>

 DURÉE
8 jours (56h)

 RÉFÉRENCE
PGM409

 CATÉGORIE
Motorisations et Mobilité Décarbonée

🎯 OBJECTIFS DE LA FORMATION

À l'issue de cette formation, vous serez capable de :

- ✓ Comprendre les propriétés de l'hydrogène et son rôle dans la transition énergétique
- ✓ Maîtriser les principes électrochimiques des piles à combustible
- ✓ Tracer et interpréter les courbes de polarisation
- ✓ Identifier les différentes technologies de piles et leurs domaines d'application
- ✓ Décrire la structure et le fonctionnement des composants d'une pile PEMFC
- ✓ Comprendre le rôle des membranes et des assemblages MEA
- ✓ Concevoir et dimensionner un stack pour une application donnée
- ✓ Modéliser le comportement électrochimique et thermique d'une pile
- ✓ Gérer les flux thermiques et hydriques dans un stack
- ✓ Dimensionner les systèmes auxiliaires (Balance of Plant)
- ✓ Comparer les différentes voies de production d'hydrogène
- ✓ Évaluer le potentiel de l'hydrogène bleu avec CCUS pour le secteur pétrolier
- ✓ Analyser les technologies de stockage de l'hydrogène
- ✓ Appliquer les normes et réglementations de sécurité hydrogène
- ✓ Concevoir des systèmes sûrs et définir des protocoles d'urgence
- ✓ Identifier les mécanismes de dégradation des piles
- ✓ Mettre en œuvre des stratégies pour prolonger la durée de vie
- ✓ Concevoir des systèmes hybrides PAC-batterie
- ✓ Optimiser la gestion d'énergie pour applications véhicules lourds
- ✓ Évaluer la pertinence des piles à combustible pour différentes applications industrielles
- ✓ Calculer le coût total de possession d'une solution hydrogène
- ✓ Planifier le déploiement d'infrastructures hydrogène sur site industriel
- ✓ Anticiper les évolutions technologiques et réglementaires
- ✓ Contribuer à des projets de décarbonation par l'hydrogène

POUR QUI ?

- ✓ Ingénieurs systèmes travaillant sur les véhicules à hydrogène
- ✓ Ingénieurs développement de groupes motopropulseurs électriques
- ✓ Responsables de projets de décarbonation des flottes industrielles
- ✓ Ingénieurs procédés spécialisés en production d'hydrogène
- ✓ Techniciens supérieurs en électrochimie et systèmes énergétiques
- ✓ Responsables d'infrastructure énergétique sur sites pétroliers et miniers
- ✓ Ingénieurs intégration de systèmes pile à combustible
- ✓ Chefs de projet transition énergétique dans le secteur extractif
- ✓ Responsables HSE travaillant sur la sécurité hydrogène
- ✓ Ingénieurs R&D en stockage d'énergie et vecteurs énergétiques
- ✓ Gestionnaires de flottes de véhicules lourds et engins miniers
- ✓ Ingénieurs maintenance des systèmes de propulsion alternatifs
- ✓ Consultants en mobilité durable et hydrogène
- ✓ Investisseurs et analystes du secteur hydrogène
- ✓ Responsables achats techniques évaluant les solutions hydrogène
- ✓ Formateurs techniques internes du secteur énergie et transport
- ✓ Ingénieurs environnement travaillant sur les stratégies net-zero
- ✓ Architectes de systèmes énergétiques pour applications hors réseau
- ✓ Responsables stratégie et innovation des compagnies pétrolières
- ✓ Doctorants et chercheurs en technologies hydrogène



Programme détaillé

1 / Fondamentaux de l'hydrogène et des piles à combustible

- L'hydrogène comme vecteur énergétique : propriétés, avantages et défis
- Histoire et principe général des piles à combustible
- Place de l'hydrogène dans la transition énergétique du secteur pétrole et mines

2 / Principes électrochimiques des piles à combustible

- Réactions d'électrode : oxydation de l'hydrogène et réduction de l'oxygène
- Thermodynamique et potentiels d'équilibre (équation de Nernst)
- Courbes de polarisation et sources de pertes (activation, ohmique, concentration)

3 / Technologies de piles à combustible

- Piles à membrane échangeuse de protons (PEMFC) : principe et applications
- Piles à oxyde solide (SOFC) : fonctionnement haute température
- Autres technologies (AFC, PAFC, MCFC) et critères de choix selon l'application

4 / Composants des piles PEMFC

- Membranes échangeuses de protons : Nafion et alternatives selon Gottesfeld
- Assemblages membrane-électrode (MEA) : structure et fabrication
- Plaques bipolaires, couches de diffusion (GDL) et joints d'étanchéité

5 / Conception et modélisation des stacks

- Architecture des stacks et mise en série des cellules selon Frano Barbir
- Modélisation électrochimique, thermique et fluidique
- Dimensionnement d'un stack pour application véhicule lourd

6 / Gestion thermique et de l'eau

- Génération de chaleur et bilan thermique d'une pile
- Gestion de l'eau : humidification et évacuation selon les conditions d'opération
- Systèmes de refroidissement : air, liquide, conception des circuits

7 / Systèmes auxiliaires (Balance of Plant)

- Circuit d'alimentation en hydrogène : détente, régulation, recirculation
- Circuit d'air : compresseur, humidificateur, gestion de la pression
- Systèmes de contrôle-commande et supervision selon James Larminie

8 / Production d'hydrogène

- Électrolyse de l'eau : alcaline, PEM, SOEC et rendements
- Reformage du gaz naturel (SMR) et production d'hydrogène bleu avec CCUS
- Production d'hydrogène vert à partir d'énergies renouvelables selon John Turner

9 / Stockage et distribution de l'hydrogène

- Stockage gazeux sous pression (350 bar, 700 bar)
- Stockage liquide cryogénique et pertes par évaporation
- Technologies émergentes : hydrures métalliques, LOHC, ammoniac

10 / Sécurité de l'hydrogène

- Propriétés de sécurité de l'hydrogène : inflammabilité, détection, dispersion
- Réglementation et normes de sécurité (ISO, SAE, UN ECE R134)

- Conception sécuritaire des systèmes et protocoles d'urgence selon Sandia Labs

11 / Durabilité et vieillissement des piles

- Mécanismes de dégradation du catalyseur et de la membrane selon Rodney Borup
- Influence des conditions d'opération sur la durée de vie
- Stratégies de mitigation et protocoles d'opération optimisés

12 / Hybridation pile à combustible et batterie

- Architecture des groupes motopropulseurs hybrides PAC-batterie
- Stratégies de gestion d'énergie selon Pierluigi Pisu
- Dimensionnement et optimisation pour applications minières

13 / Applications industrielles et véhicules lourds

- Véhicules lourds routiers : camions, bus longue distance
- Engins miniers et de construction : tombereaux, chargeuses, foreuses
- Applications ferroviaires, maritimes et groupes électrogènes

14 / Économie, infrastructure et perspectives

- Coût total de possession (TCO) et comparaison avec solutions alternatives
- Déploiement des infrastructures : stations hydrogène et production sur site
- Feuilles de route technologiques et perspectives de développement

Approche pédagogique

- ✓ Support Ecrit et Projection
- ✓ Exposés Interactifs, Podcasts et Vidéos
- ✓ Brainstorming et Jeux de Rôle
- ✓ Mises en Situation pour faciliter l'assimilation
- ✓ Cas Pratiques et Labs inclus pour leur impact opérationnel
- ✓ Test de Validation des Acquis des Connaissances

Prochaines dates programmées

 05 au 14 Oct. 2026

 Présentiel - Casablanca

 30 Nov. au 09 Déc. 2026

 Présentiel - Casablanca

 Autres dates possibles sur demande. Contactez-nous pour organiser une session intra-entreprise.

Réservation & Renseignements

 **Téléphone** : +212 522 247 210

 **Email** : contact@afrique-formation.com

 **Web** : <https://www.afrique-formation.com>

Document généré le 22/09/2026 — Réf : PGM409

Afrique Formation — Tous droits réservés