

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

Afrique Formation

🎯 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

Afrique Formation

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
- Investisseurs et analystes du secteur hydrogène
- Responsables achats techniques évaluant les solutions hydrogène
- 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

Afrique Formation

AFRIQUE FORMATION
La Référence en Afrique pour la Formation



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

Afrique Formation

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)

Afrique Formation

- 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

Afrique Formation

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

30 Nov. au 09 Déc. 2026	Présentiel - Casablanca
01 au 10 Fév. 2027	Présentiel - Casablanca
29 Mars au 07 Avr. 2027	Présentiel - Casablanca
24 Mai au 02 Juin 2027	Présentiel - Casablanca
19 au 28 Juil. 2027	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

Afrique Formation — Tous droits réservés