

**Durée de la formation**  
8 jours

**Date**  
Du 4 mars 2025 au 20 mai 2025

**Tarifs**  
5 500€ HT | 6 600€ TTC

École des mines de Paris | Université PSL  
Executive Education  
60 Boulevard Saint-Michel 75272 Paris Cedex 06  
Tél. +33 1 40 51 90 43  
E-mail : [executive.education@minesparis.psl.eu](mailto:executive.education@minesparis.psl.eu)  
<https://executive-education.minesparis.psl.eu/>

# CERTIFICAT

## H<sub>2</sub> - Maîtriser les technologies de l'hydrogène et en déployer les usages

### POURQUOI UN CERTIFICAT H<sub>2</sub> ?

#### Un parcours certifiant pour identifier le potentiel et les opportunités de l'hydrogène comme vecteur énergétique

Au service de la transition énergétique, la filière hydrogène présente de nombreux atouts, qu'il s'agisse de son potentiel énergétique élevé, de son faible impact environnemental ou encore de sa polyvalence d'utilisation. Conscients des opportunités que cette énergie alternative aux énergies fossiles présente, Pouvoirs publics et entreprises investissent dans la filière hydrogène, stimulant ainsi la recherche et le développement de nouvelles technologies, ainsi que la construction d'infrastructures pour la production, le stockage et la distribution de l'hydrogène.

Pour concrétiser ces potentiels, la maîtrise des différentes technologies de l'hydrogène et l'identification de ses usages possibles représentent des préalables. Afin d'accompagner les entreprises et les acteurs en responsabilité dans le déploiement de stratégies privilégiant le développement de l'hydrogène comme vecteur énergétique, Chimie Paristech - PSL, Mines Paris - PSL et Paris Dauphine - PSL, se sont associés pour concevoir et déployer ce programme certifiant.

### OBJECTIFS DE LA FORMATION

Ce programme de formation permettra aux participants de comprendre les principes fondamentaux de la filière hydrogène, ainsi que les différentes technologies, méthodes et applications associées à l'hydrogène. Il permettra également d'identifier les enjeux liés à la filière hydrogène et les perspectives pour ce domaine en constante évolution.

#### Plus précisément, elle mettra les participants en capacité, à l'issue de la formation, de :

- **Identifier les dernières avancées technologiques** pour anticiper les évolutions du secteur et prendre des décisions éclairées ;
- **Comprendre les principes fondamentaux** de la production, du stockage et de l'utilisation de l'hydrogène en tant que vecteur énergétique ;
- **Identifier les usages possibles de l'hydrogène** comme alternative aux énergies fossiles dans le contexte de transition énergétique.

**Date limite du dossier de candidature (CV + lettre d'intention) : 15 février 2025**

• **Pour plus d'informations ou demande de devis :**  
Tél. +33 (0)1 40 51 90 43  
E-mail : [executive.education@minesparis.psl.eu](mailto:executive.education@minesparis.psl.eu)  
<https://executive-education.minesparis.psl.eu/>

Scannez le QR code  
pour s'y inscrire directement en ligne.



# CERTIFICAT

## Hydrogène



### JOUR 1

Mardi 4 mars 2025 | 9h - 17h30

#### Les enjeux de l'hydrogène

##### Objectif pédagogique

Savoir identifier le contexte et les grands enjeux liés à l'utilisation de l'hydrogène

##### Programme de la séquence

**Matin :** le contexte des EnR et les évolutions stratégiques mondiales

- L'efficacité énergétique et la sobriété des usages
- La mobilité électrique et hydrogène
- Le solaire photovoltaïque
- L'intégration des EnR dans le réseau et la gestion de l'intermittence (stockage ; conversion)
- Les réseaux de chaleur
- La valorisation énergétique des déchets
- Les axes de recherche des réseaux français et européens

**Après-midi :** Introduction à l'hydrogène : définition de l'hydrogène en tant que vecteur énergétique, historique de son utilisation, avantages et inconvénients de son utilisation

- Les principes de base de l'hydrogène comme vecteur énergétique
- Les différentes sources de production d'hydrogène
- Les applications de l'hydrogène dans l'industrie, le transport et l'énergie
- Les tendances actuelles et les perspectives d'avenir pour la filière hydrogène

**Intervenants :** Frédéric Gonand, Université Paris Dauphine - PSL & Virginie Lair, Chimie ParisTech - PSL

### JOUR 2

Mardi 11 mars 2025 | 9h - 17h30

#### Les usages de l'hydrogène

##### Objectifs pédagogiques

Identifier les différents usages de l'hydrogène et les enjeux associés. Comprendre l'environnement juridique et géopolitique de l'utilisation de l'hydrogène

##### Programme de la séquence

**Matin :** Usages de l'hydrogène

- Les différentes applications de l'hydrogène pour la production d'électricité, le transport : mobilité VL & PL / applications portuaires / aéronautique / ferroviaire / engins spéciaux / production d'énergie connectée au réseau / production d'énergie hors réseau / conversion du CO2
- Les avantages et les inconvénients de chaque application
- Les considérations environnementales et économiques associées à l'utilisation de l'hydrogène

**Après-midi :** Environnement juridique et géopolitique de l'hydrogène et stratégies nationales

- Règlementation et sécurité : normes et réglementations en vigueur en matière de production, de stockage et d'utilisation de l'hydrogène, les mesures de sécurité associées à l'utilisation de l'hydrogène
- Les différentes politiques nationales en faveur de l'hydrogène

**Intervenants :** Louis de Fontenelle, Université Paris Dauphine & Virginie Lair / Armelle Ringuedé, Chimie ParisTech - PSL

### JOUR 3

Mardi 18 mars 2025 | 9h - 17h30

#### Procédés de production et conversion de l'hydrogène à haute température

##### Objectifs pédagogiques

Découvrir les procédés de production de l'hydrogène et les mettre en pratique

##### Programme de la séquence

Production de l'hydrogène : techniques de production à haute température et enjeux industriels :

- Production de l'hydrogène haute Température : techniques, enjeux industriels, modèles économiques, enjeux environnementaux
- Travaux pratiques de synthèse et mise en forme de matériaux pour la production d'hydrogène haute température

**Intervenants :** Virginie Lair & Armelle Ringuedé, Chimie ParisTech - PSL

**Date limite du dossier de candidature (CV + lettre d'intention) : 15 février 2025**

#### • Pour plus d'informations ou demande de devis :

Tél. +33 (0)1 40 51 90 43

E-mail : executive.education@minesparis.psl.eu

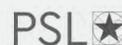
<https://executive-education.minesparis.psl.eu/>

Scannez le QR code pour s'y inscrire directement en ligne.



# CERTIFICAT

## Hydrogène



Dauphine | PSL  
UNIVERSITÉ PARIS

### JOUR 4

**Jeudi 27 mars 2025 | 9h - 17h30**

**Procédés de production et conversion de l'hydrogène à basse température (1/2) - journée immersive au centre PERSEE de Mines Paris - PSL (Sophia Antipolis)**

#### Objectif pédagogique

Découvrir les procédés de production et de conversion de l'hydrogène à basse température et les mettre en pratique

#### Programme de la séquence

**Matin :** Les piles à combustible : présentation de la technologie, des matériaux aux applications

**Après - midi :** Travaux pratiques de présentation des procédés de synthèse des matériaux et d'assemblage membrane-électrodes + test AME sur banc mono-cellule

**Intervenant :** Christian Beauger, Mines Paris - PSL

### JOUR 5

**Vendredi 28 mars 2025 | 9h - 17h30**

**Procédés de production et conversion de l'hydrogène à basse température (2/2) - journée immersive au centre PERSEE de Mines Paris - PSL (Sophia Antipolis)**

#### Objectifs pédagogiques

Découvrir les techniques de production et de conversion de l'hydrogène à basse température et les mettre en pratique

#### Programme de la séquence

**Matin :** suite des travaux pratiques du jour précédent

**Après-midi :** production de l'hydrogène : techniques de production basse température PEMWE et enjeux industriels

**Intervenant :** Christian Beauger, Mines Paris - PSL

### JOUR 6

**Jeudi 3 avril 2025 | 9h - 17h30**

**Transport et stockage de l'hydrogène - journée immersive au sein des centres CEEP et Géosciences de Mines Paris - PSL (Fontainebleau)**

#### Objectifs pédagogiques

Comprendre les enjeux et les techniques du transport et du stockage de l'hydrogène

#### Programme de la séquence

**Matin :** transport de l'hydrogène : distribution, techniques, enjeux industriels, modèles économiques

- Les infrastructures nécessaires pour la distribution d'hydrogène
- Les méthodes de transport de l'hydrogène (Voie routière / Hydrogénoducs / Stations de recharge / Voie maritime)
- Les défis associés à la distribution de l'hydrogène à grande échelle

**Après-midi :** stockage de l'hydrogène : techniques, enjeux industriels, modèles économiques

- Forme gazeuse/ Forme liquide / Forme solide
- Stockage Géologique
- Vecteurs chimiques
- Les avantages et les inconvénients de chaque méthode
- Les considérations de sécurité associées au stockage d'hydrogène

**Intervenants :** Marco Campestrini, CEEP - Mines Paris - PSL, Faouzi Hadj-Hassen, Géosciences - Mines Paris - PSL

### JOUR 7

**Jeudi 10 avril 2025 | 9h - 17h30**

**La place de l'hydrogène dans les entreprises et la société**

#### Objectifs pédagogiques

Se rendre compte des enjeux sur le terrain via des retours d'expérience d'industriels à différentes positions de la chaîne de valeur de l'hydrogène. Mettre en œuvre les acquis de la formation au travers d'un projet applicatif porté par chaque participant.

#### Programme de la séquence

**Matin :** matinée « Grands témoins » : partage de pratiques et retours d'expérience d'industriels sur les utilisations de l'hydrogène, les technologies de production et du stockage - distribution

**Après-midi :** accompagnement / tutorat des projets applicatifs

**Intervenants :** Christian Beauger, Mines Paris - PSL, Virginie Lair & Armelle Ringuedé, Chimie ParisTech - PSL

### JOUR 8

**Mardi 20 mai 2025 | 9h - 17h30**

**Soutenance des projets applicatifs - Certification**

#### Objectifs pédagogiques

Valider et valoriser les acquis de la formation dans le cadre d'un projet applicatif et le soutenir à l'oral

#### Programme de la séquence

Soutenance par chaque participant du programme de son projet applicatif devant l'ensemble de la promotion (sous réserve des exigences de confidentialité)

**Date limite du dossier de candidature (CV + lettre d'intention) : 15 février 2025**

- **Pour plus d'informations ou demande de devis :**  
Tél. +33 (0)1 40 51 90 43  
E-mail : executive.education@minesparis.psl.eu  
<https://executive-education.minesparis.psl.eu/>

Scannez le QR code  
pour s'y inscrire directement en ligne.



# CERTIFICAT

## Hydrogène

### PUBLIC CIBLE & PRÉ-REQUIS

Tout acteur professionnel (centre de recherche, industriel, institutionnel...) participant ou susceptible de participer à un projet de valorisation industrielle, un programme de R&D, de promotion ou de diffusion des Nouvelles Technologies de l'Énergie (NTE) ou des Énergies renouvelables (EnR) ou désirant s'informer et prendre du recul sur les enjeux et défis de la transition énergétique et environnementale

**Pré-requis :** Connaissances scientifiques de base

### MÉTHODE & FORMAT PÉDAGOGIQUE

**Formation en présentiel, organisée sur Paris, à raison d'un jour par semaine le mardi ou jeudi, excepté les 2 jours continus d'immersion au sein du centre PERSEE de Mines Paris-PSL (Sophia Antipolis) :**

Formation privilégiant une diversité d'interventions, mêlant apports théoriques sur l'état des lieux et avancées scientifiques à des apports davantage dédiés aux méthodes, des témoignages et études de cas, afin de permettre aux participants d'acquérir des savoir-faire et de développer des approches opérationnelles.

Les enseignements sont dispensés par des intervenants de renom, qu'ils soient issus du monde académique, des acteurs institutionnels ou des professionnels engagés dans le développement de technologies et / ou de projets liés à l'hydrogène.

### RESPONSABLES PÉDAGOGIQUES

 **Virginie Lair** | Professeur à l'école Chimie ParisTech - PSL. Docteur en Génie des Procédés, elle est spécialiste de la physico-chimie des sels fondus ainsi que des procédés d'électrolyse et de conversion électrochimique. Les domaines d'application de ses recherches sont l'énergie et en particulier la valorisation du CO<sub>2</sub> et la conversion des plastiques. Virginie Lair est également directrice des formations de l'école Chimie ParisTech - PSL et a dirigé le master Energie ainsi que le programme gradué Ingénierie, Sciences Appliquées, Innovation de l'Université PSL.

 **Christian Beauger** | Ingénieur chimiste (Chimie Montpellier) et docteur en génie des procédés (École des Mines de Saint-Étienne), il travaille depuis 2000 dans le domaine de l'hydrogène énergie (piles à combustible PEM et production d'hydrogène). Il enseigne les procédés Sol Gel, les piles à combustible et les questions liées à l'hydrogène en France à Mines Paris - PSL et à l'université de recherche PSL et en Chine à HUST (Huazhong University of Science and Technology) au sein d'un institut sino-européen (Institute for Clean And Renewable Energy).



### MODALITÉS D'ÉVALUATION

**Les participants à cette formation certifiante sont évalués selon les modalités suivantes :**

- Formalisation d'un projet lié à l'hydrogène (50% de la note)
- Soutenance de ce projet applicatif (50% de la note)

La délivrance du Certificat est conditionnée à l'obtention d'une moyenne de 12/20 à ces 2 épreuves (projet + soutenance).

### SANCTION DE LA FORMATION

Certificat « H<sub>2</sub> : maîtriser les technologies de l'hydrogène et en déployer les usages » de Chimie ParisTech - PSL x Université Paris Dauphine - PSL x Mines Paris - PSL

### PROCESSUS DE CANDIDATURE

- **CV + lettre de « motivation »** à envoyer à l'adresse : [executive.education@minesparis.psl.eu](mailto:executive.education@minesparis.psl.eu)
- **Examen des candidatures** par l'équipe pédagogique
- **Clôture des inscriptions** : 15 février 2025
- **Lieu de la formation** : École des mines de Paris, 60 Boulevard Saint-Michel, 75006 Paris

 **Armelle Ringuedé** | Directrice de Recherche au CNRS, elle exerce au sein de l'Institut de Recherche de Chimie ParisTech - PSL, Ingénieure en Sciences et génie des matériaux et Docteure en Électrochimie, elle est reconnue internationalement pour son expertise et ses recherches dans le domaine de l'énergie, en particulier l'hydrogène (piles à combustible et électrolyse).

 **Frédéric Gonand** | Professeur d'économie à l'Université Paris Dauphine - PSL, conseiller économique au sein de l'UIMM, Frédéric Gonand (PhD, Hdr, CNU Pr) est un économiste français justifiant d'une vaste expérience dans le conseil aux autorités et aux entreprises sur les questions énergétiques. De 2007 à 2011, il a été conseiller économique auprès de Madame Christine Lagarde, alors ministre de l'Économie. Il a ensuite été nommé Commissaire (2011-2013) de la Commission de régulation de l'énergie par le Président de la République française, après des auditions au Parlement. Depuis 2013, il mène des activités académiques (publications dans les meilleures revues académiques en économie de l'énergie/ environnement) ainsi que des activités de conseil.