

PHYSIQUE/CHIMIE/ENERGIE

Batteries

Renseignements pédagogiques :

Sylvain FRANGER

sylvain.franger@universite-paris-saclay.fr

Tarifs : 2 x 2 jours (10 h + 10h)

12 participants maximum

9500€ HT

+ Public

Niveau technicien sup. min (Bac+3 min)

Objectifs

Cette formation vise :

- sur les 2 premiers jours (session 1, 10h), à apporter les connaissances fondamentales principales (thermodynamique et cinétique) sur les générateurs électrochimiques avec un focus particulier sur les technologies Li-ion actuelles et leurs applications industrielles majeures (notamment autour du véhicule électrique) ;
- sur les 2 derniers jours (session 2, 10h), à approfondir les connaissances théoriques sur la technologie Li-ion (limitations cinétiques, formulation des électrodes, relations matériaux/propriétés...) en lien avec les cahiers des charges industriels (énergie, puissance, coût, sécurité...) et à mettre en place des outils d'analyse et de diagnostic d'état de santé pour qualifier les batteries en cours d'usage (vieillesse, aspects électro-thermo-mécaniques...)

Compétences Acquis

Connaissances théoriques du fonctionnement d'un générateur électrochimique et de ses défaillances éventuelles.

Connaissances pratiques d'utilisations des générateurs électrochimiques et de suivi de leur état de santé.

Programmes

Voir ci-joint le programme des 2 sessions

VALIDATION : Cette formation constitue une action d'adaptation et de développement des compétences. Elle donne lieu à la délivrance d'une attestation de participation. Une évaluation de fin de formation permet de mesurer la satisfaction des stagiaires, notamment concernant l'atteinte des objectifs pédagogiques.

Date/lieux :

Nous consulter

Horaires :

9h-13h / 14h00-18h00

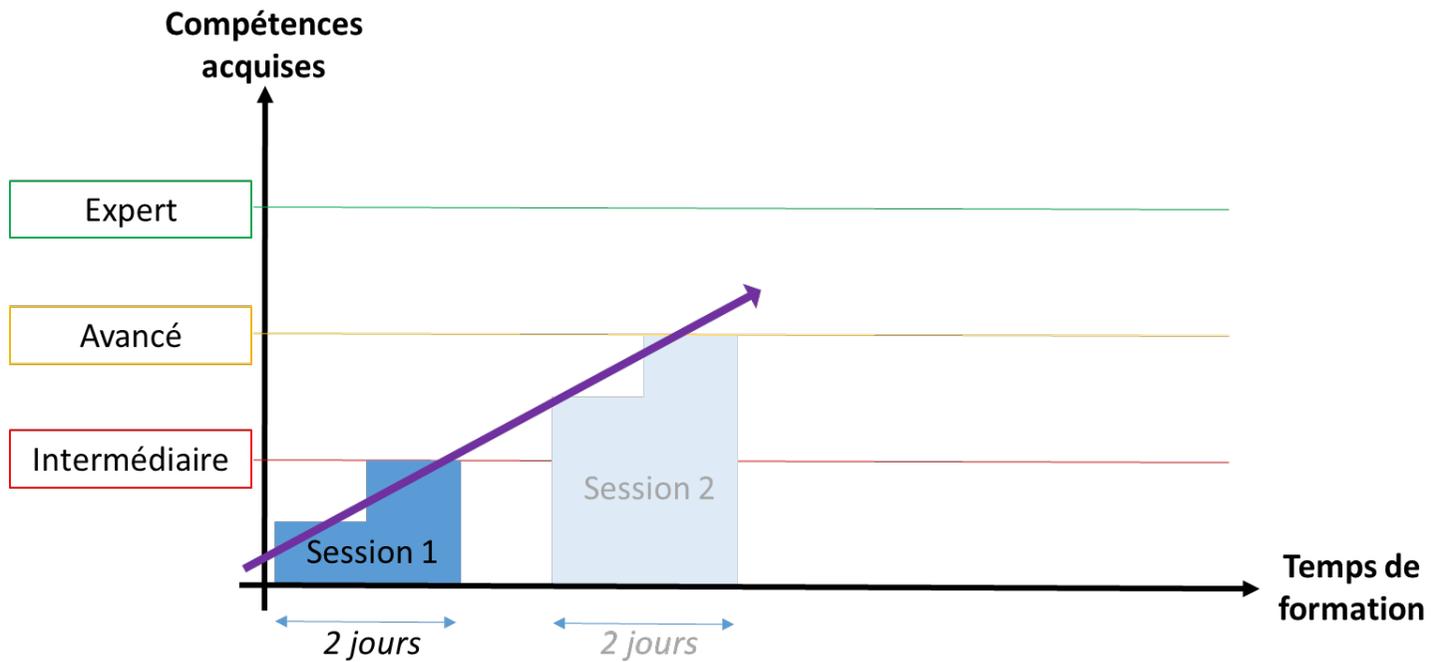
Repas de 13h à 14h

Nombre de places limitées :

Min/Max : 2-12 personnes

Programme de formation
« batteries »

SESSION 1 (2 jours) : Introduction générale aux batteries avec focus sur la technologie Li-ion et les applications automobiles



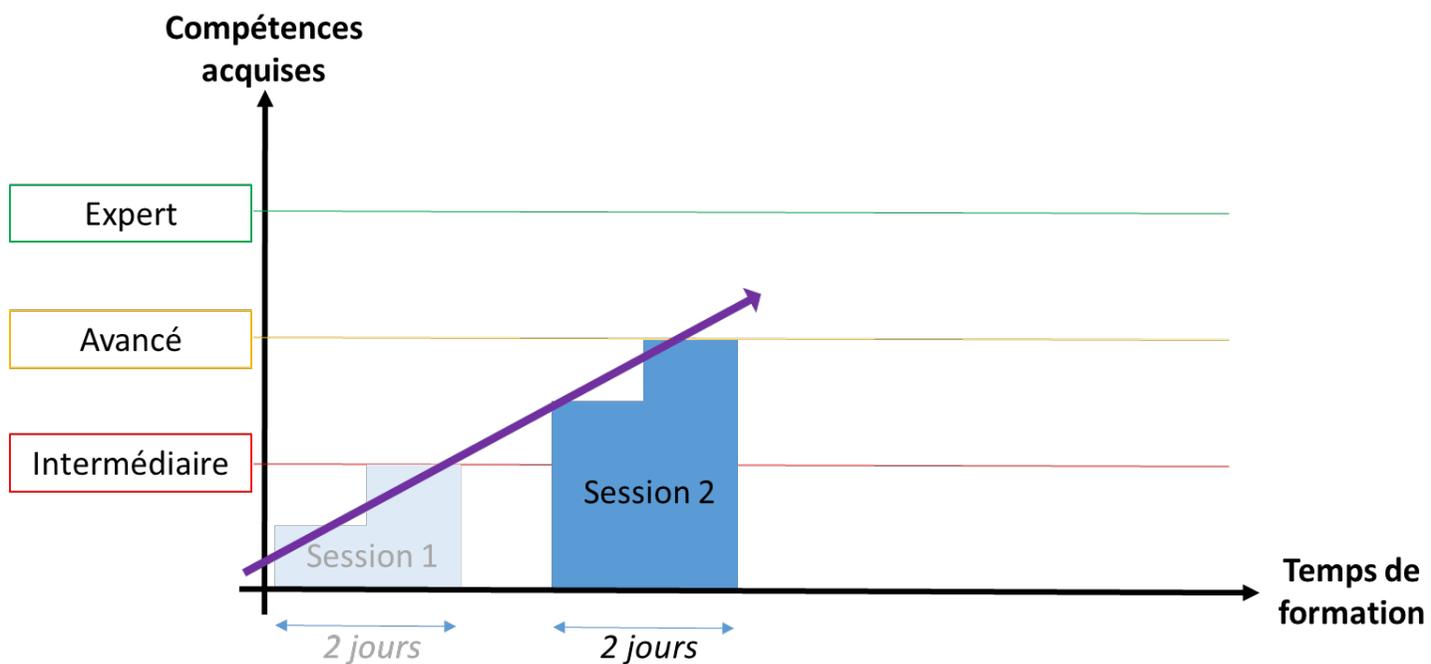
Notions abordées	Compétences visées	Niveau/Période /Durée
<p>Rappels d'oxydo-réduction :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Qu'est-ce qu'un oxydant ? - Qu'est-ce qu'un réducteur ? - Notion de couple redox (Ox/Red) - Classement des couples redox - Notion de potentiel redox - Réaction redox spontanée/forcée 	<ul style="list-style-type: none"> - Reconnaître un oxydant et un réducteur - Savoir comment ils interagissent - Appréhender la notion de couples redox et savoir comment ils s'ordonnent en fonction de la force de l'oxydant et/ou du réducteur (donc du potentiel redox) - Prévoir si une réaction redox est spontanée <p><i>La cinétique électrochimique ne sera pas abordée dans cette session</i></p>	<p>Niveau 0</p> <p>Jour 1</p> <p>1h</p>
<p>Générateur électrochimique (pile) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les différents éléments constitutifs - Notion de potentiel d'électrode - Différence de potentiel (force électromotrice, fem) - Principe de fonctionnement - Sens de circulation des électrons - Sens de circulation des ions - Décharge = évolution vers un état d'équilibre - Profil de décharge et notion d'état de charge 	<ul style="list-style-type: none"> - Connaître les éléments constitutifs d'un générateur électrochimique - Appréhender la notion de différence de potentiel (tension) et comprendre l'origine de la fem - Savoir comment fonctionne une pile - Savoir lire une courbe de décharge d'une pile (incluant une chute ohmique) - Connaître la notion d'état de charge (SOC) <p><i>La thermodynamique électrochimique ne sera pas détaillée dans cette session</i></p>	<p>Niveau 1</p> <p>Jour 1</p> <p>1h</p> <p>(possibilité de faire une démo « pile Daniell ») + 30min</p>
<p>Générateur électrochimique (batterie) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Possibilité de recharge (pourquoi, comment ?) - Principe de fonctionnement - Sens de circulation des électrons - Sens de circulation des ions - Profils de décharge/recharge - Valeurs importantes pour qualifier les performances du système (E, P, C/n, ρ, t) 	<ul style="list-style-type: none"> - Reconnaître les similarités et différences entre pile et batterie - Savoir comment fonctionne une batterie (en décharge et en recharge) - Savoir lire une courbe de décharge/charge d'une batterie (incluant une chute ohmique) - Connaître les grandeurs (Energie, Puissance et leurs valeurs normalisées, régime de fonctionnement, rendement faradique, durée de vie) 	<p>Niveau 1</p> <p>Jour 1</p> <p>1h</p> <p>(possibilité de faire une démo « batterie ») + 30min</p>

<p>Différents types de batteries commerciales :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pb-acide - NiMH - Li métal et Li-ion <p>Chaque technologie sera présentée avec : constituants, principe de fonctionnement, valeurs caractéristiques et exemples d'application</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Connaître les différents types de batteries vendues actuellement dans le commerce - Savoir dire les avantages/inconvénients de chacune des technologies - Avoir les ordres de grandeur des caractéristiques spécifiques de chaque technologie et de leurs applications principales 	<p>Niveau 1</p> <p>Jour 1</p> <p>2h</p>
<p>Cas des batteries au lithium :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Classification périodique : critères de choix des matériaux - Matériaux d'électrode négative - Matériaux d'électrode positive - Formulation d'électrode (composite) - Electrolytes (à base de liquides organiques, à matrice polymère, introduction aux électrolytes solides) et séparateurs <p>Une attention particulière sera portée aux ressources et aux (éventuels) problèmes environnementaux liés à ces matériaux</p> <ul style="list-style-type: none"> - Architectures et formats de batteries - Coûts associés à une batterie (interne/externe) 	<ul style="list-style-type: none"> - Connaître les principaux matériaux actifs d'électrode d'une batterie au lithium avec leurs avantages/inconvénients respectifs (incluant la ressource minière et les aspects environnementaux) - Connaître les types d'électrolytes - Connaître les différents formats de batteries au lithium avec leurs applications respectives - Connaître les critères de sélection des éléments (masse, performance, sécurité, coût...) 	<p>Niveau 1</p> <p>Jour 2</p> <p>2h</p> <p>(possibilité de faire une démo « post-mortem de batterie Li-ion ») + 30 min</p> <p>(possibilité de faire une démo « préparation d'électrode composite ») + 30 min</p>
<p>Principales (possibles) défaillances des batteries au lithium :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Autodécharge - Passivation des électrodes (Electrolyte Interphase) - Dégradation des matériaux d'électrodes - Dégradation des électrodes - Li plating et phénomènes thermiques - Vieillessement (2 modes : calendaire et en usage) 	<ul style="list-style-type: none"> - Connaître les modes de défaillance possible les plus couramment rencontrés lors de l'utilisation de batteries au lithium - Savoir proposer des solutions pour contourner ces problèmes - Connaître les principaux facteurs de vieillissement à l'œuvre dans une batterie au lithium 	<p>Niveau 1</p> <p>Jour 2</p> <p>1h</p>

<p>Nouveaux développements (post Li-ion) :</p> <ul style="list-style-type: none">- Cahier des charges automobile (E > 500 Wh/kg)- Roadmap programme européen Battery30+- Présentation des systèmes à TRL > 4	<ul style="list-style-type: none">- Connaître les attentes du marché automobile et savoir les traduire en performances souhaitées sur le système de batteries embarquées- Savoir dire les avancées nouvelles pour les prochaines générations de batteries (incluant les éventuels verrous technologiques à lever)	<p>Niveau 1/2</p> <p>Jour 2</p> <p>2h</p>
--	--	--

Programme de formation
« batteries »

SESSION 2 (2 jours) : Approfondissements sur la technologie Li-ion en lien avec le cahier des charges industriel



Notions abordées	Compétences visées	Niveau/Période /Durée
<p>Générateur électrochimique :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Thermodynamique électrochimique (enthalpie, entropie) - Cinétique électrochimique (relation courant-tension, phénomènes de surtension, polarisations) 	<ul style="list-style-type: none"> - Comprendre l'origine de la spontanéité de la réaction de décharge de la batterie et de la non-spontanéité de la réaction de recharge - Comprendre l'origine des aspects thermiques entropiques - Comprendre les notions de vitesse de réaction et des limitations associées (transfert de charge, transport de matière) - Comprendre l'origine des aspects thermiques par effet Joule 	<p>Niveau 2</p> <p>Jour 1</p> <p>3h</p>
<p>Cas des batteries au lithium :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Matériaux d'électrode négative (cristallographie, courbes courant-tension et phénomènes associés) - Matériaux d'électrode positive (cristallographie, courbes courant-tension et phénomènes associés) 	<ul style="list-style-type: none"> - Comprendre les courbes de décharge/recharge des principaux matériaux actifs d'électrode en lien avec leur structure cristalline (et leur morphologie) - Connaître les relations structure-propriétés (notamment, la variation du potentiel avec le SOC) des principaux matériaux - Appréhender les limitations de chaque matériau et l'apport de la chimie préparative (coating, nanostructuration...) pour répondre à certaines problématiques 	<p>Niveau 2/3</p> <p>Jour 1/2</p> <p>2h+1h</p>
<p>Etapes de fabrication des électrodes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Formulation de l'encre - Enduction - Calandrage 	<ul style="list-style-type: none"> - Connaître les grandes étapes de fabrication des électrodes de batteries Li-ion - Comprendre les problématiques de chacune de ces étapes et l'importance du contrôle de nombreux paramètres (percolations électronique/ionique, tenue mécanique, porosité...) en lien avec les limitations vues précédemment <p>Des exemples d'électrodes seront montrés en lien avec les performances électrochimiques et le cahier des charges automobile (puissance/énergie, charge rapide...)</p>	<p>Niveau 2</p> <p>Jour 2</p> <p>1h</p>

Protocoles de test/qualification des batteries : <ul style="list-style-type: none"> - Méthode statique : potentiométrie - Méthode dynamique : GITT - Méthode sinusoïdale : impédancemétrie 	<ul style="list-style-type: none"> - Comprendre l'influence du signal d'entrée (DC/AC) sur la réponse du système - Savoir interpréter les courbes courant/tension obtenues par les différentes méthodes - Etre capable de qualifier les performances d'une batterie Li-ion - Savoir repérer les éventuels problèmes (défaillances) de fonctionnement 	<p style="text-align: center;">Niveau 2/3</p> <p style="text-align: center;">Jour 2</p> <p style="text-align: center;">3h</p>