

GE Renewable Hybrids



# Solutions hybrides fiables et sûres pour une transition vers des énergies plus propres

Claude Mubaya  
GE Renewable Hybrids – MENAT & SSA  
Business Development

For discussion with:  
**USDТА/ANSI Energy Storage Workshop**  
03 December 2019



Confidential. Not to be copied, distributed, or reproduced without prior approval.

# Agenda

- Contexte actuel
- Valeur des solutions hybrides
- Dynamiques régionales
- Anatomie d'un Système de Stockage d'Énergie par Batterie (BESS)
- Sécurité des BESS et Évolution réglementaire
- Observations finales





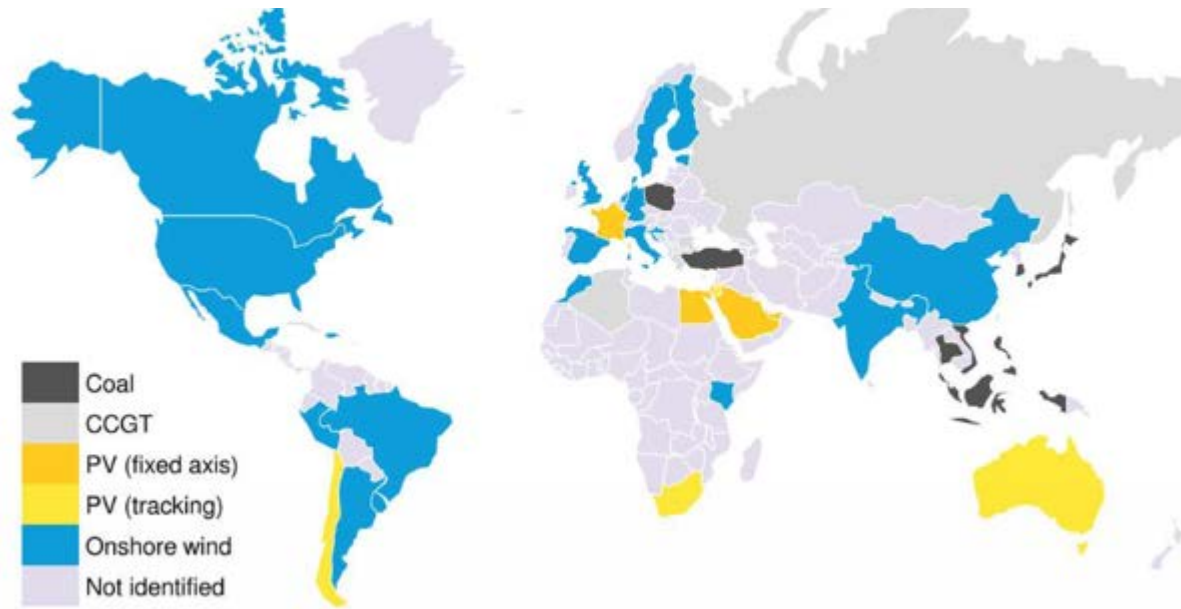
# CONTEXTE ACTUEL



# Généralisation des EnR

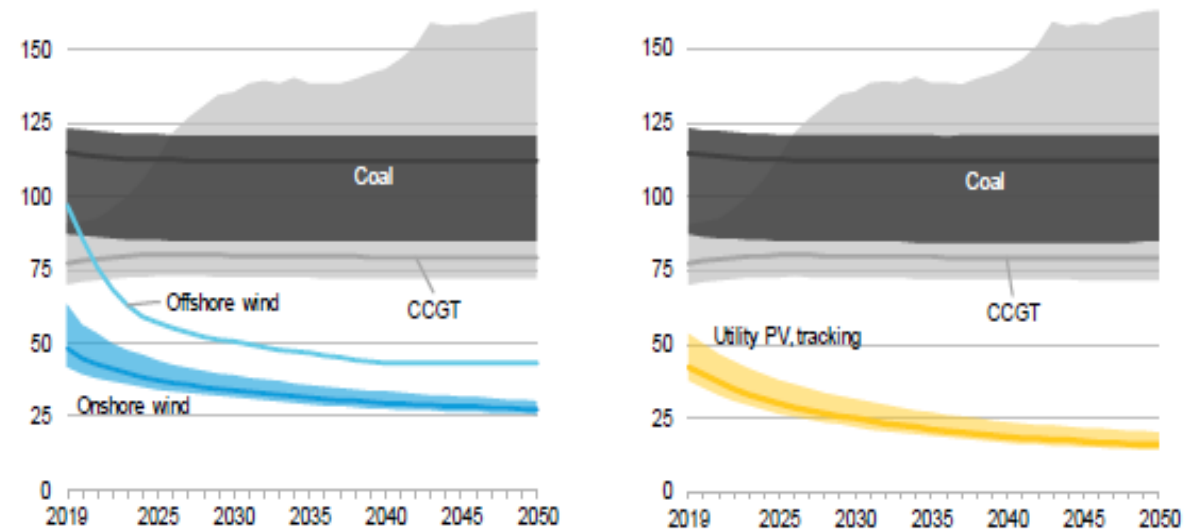
SOLAIRE & EOLIEN = ENERGIES LES MOINS CHERES POUR 2/3 DE LA PLANETE

Source la plus compétitive de production de masse d'électricité en 2019



Source : BNEF NEO July 2019

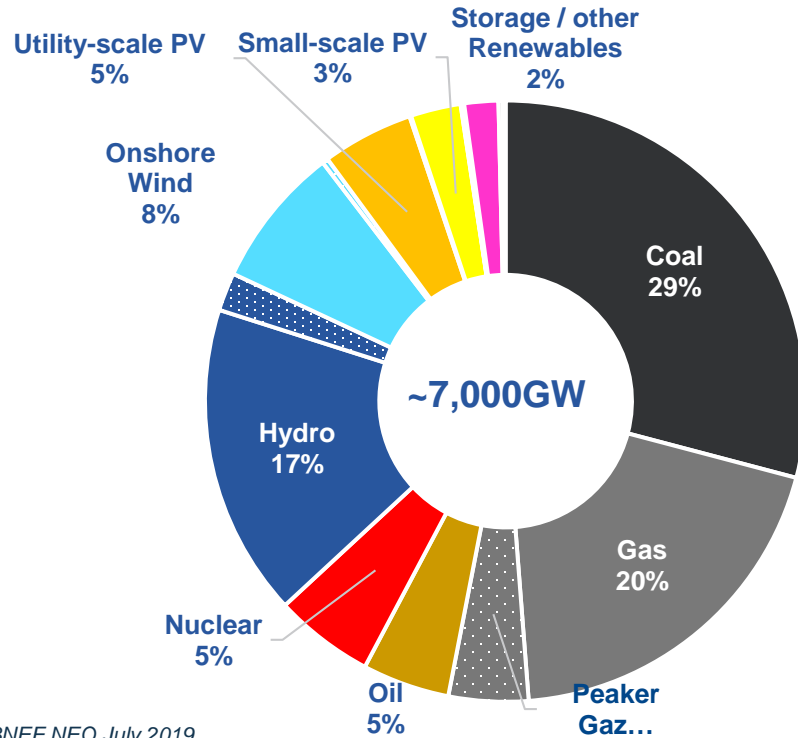
LCOE prévu de l'Eolien et du Solaire (\$/MWh, 2018 réel)



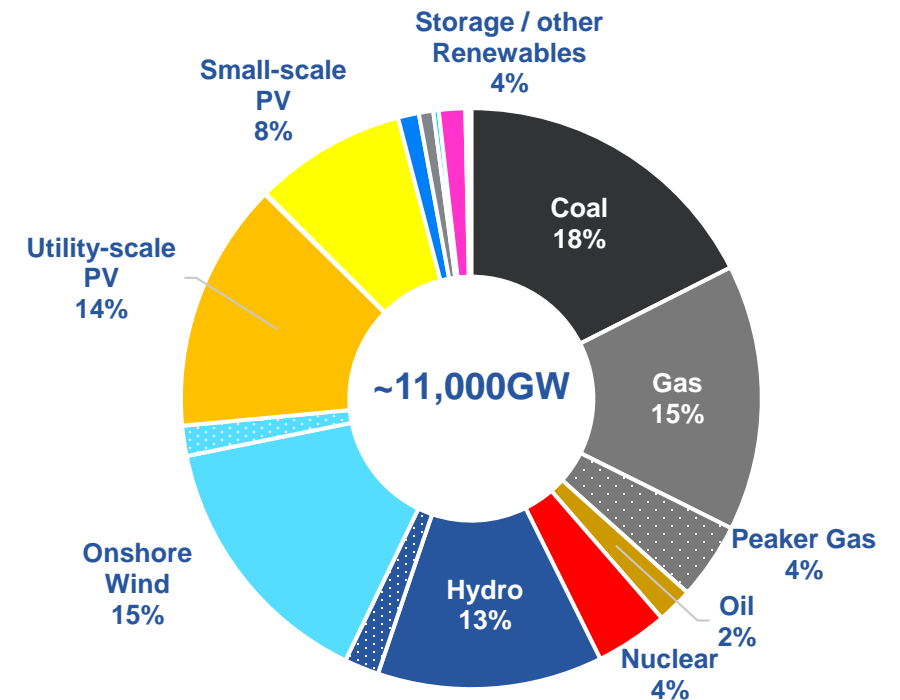
# Généralisation des EnR

~70% DE NOUVELLES CAPACITES DE PRODUCTION MONDIALE SERONT EnR

Capacité Installée Totale '18



Capacité Installée Totale '30



Source : BNEF NEO July 2019

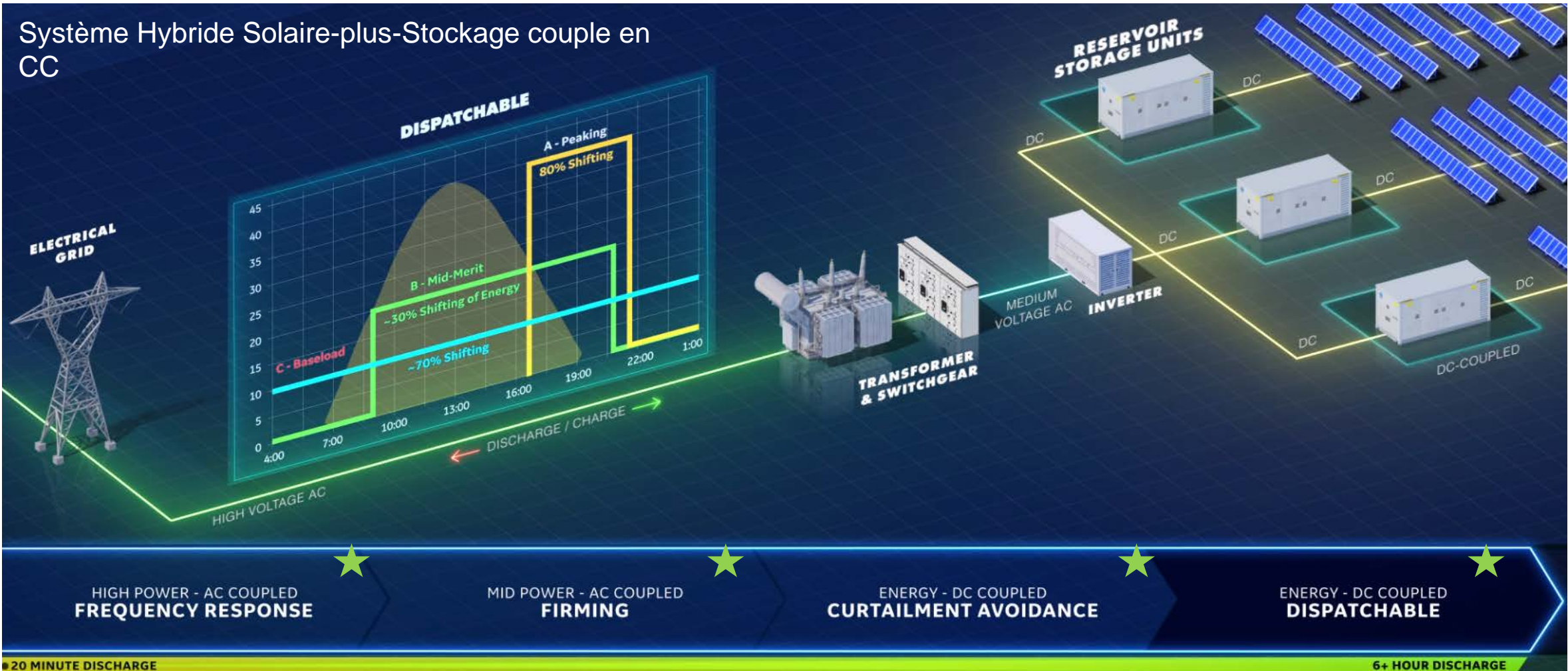
- La pénétration des EnR continuera à augmenter
- Le Charbon, le Gaz, la Vapeur et le Nucléaire seront toujours rependus en '30, avec 4,600 GW de capacité installée
- Systèmes Hybrides intégrant du stockage (BESS) Hybrid systems peuvent améliorer la dispatchability des EnR, la stabilité et l'efficacité du réseau

# Hybridisation: la route vers un avenir plus propre



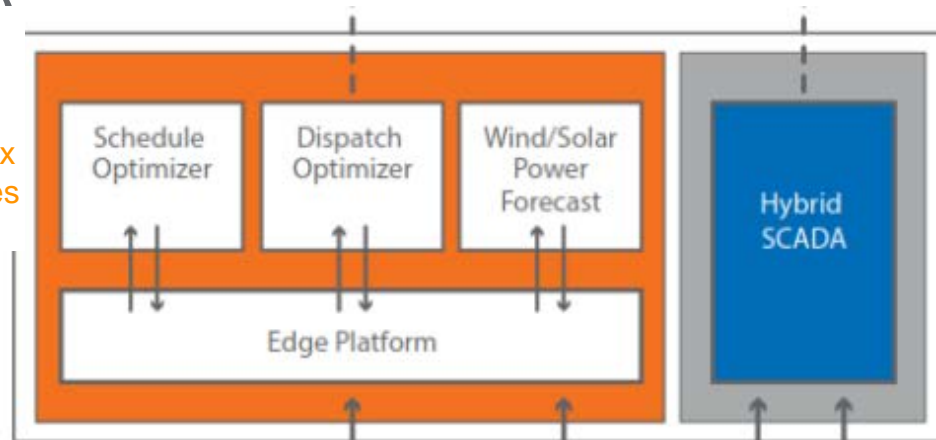
# Les Systèmes Hybrides, rendus possible par l'Electronique de Puissance et les outils de Contrôle, peuvent aider à résoudre les défis liés à la transition énergétique

Système Hybride Solaire-plus-Stockage couple en CC



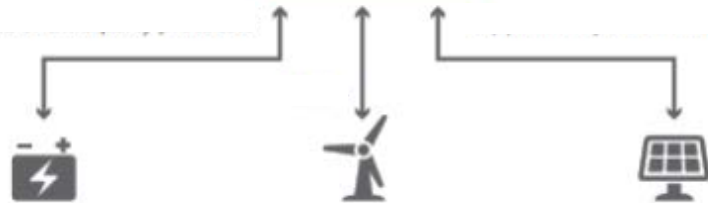
# Les solutions hybrides sont des systèmes avec un contrôle centralisé (Software Defined)

**Hybrid Optimizer**  
Dispatche en temps-réel les consignes optimaux des actifs, pour des cas d'usage spécifiques



**Hybrid SCADA**  
Surveillance Tout-en-Un "All-in-one"

**Hybrid Controller**  
Contrôles en temps-réel, affectes les consignes aux actifs et permet d'améliorer la conformité au réseau



Le système de contrôle hybride permet aux actifs de production colocalisés d'être intégrés au niveau du parc pour répondre aux cas d'usage souhaités.



**AMELIORATION DE LA CONFORMITE AU RESEAU**



**DIMUNITION DU CAPEX**



**SAISIR DE MULTIPLES SOURCES DE REVENU**

**Optimiser les revenus du parc hybride et gérer le coût du cycle de vie de l'actif**



# Les solutions de stockage flexibles permettent plusieurs « business cases »

## Stand-alone BESS



Offrir une fiabilité élevée  
High Frequency Applications

- Régulation de la tension
- Régulation de la fréquence (RPF) / Réponse Secondaire de Fréquence
- Stabilité des réseaux électriques
- Black Start
- Peak Shifting / Arbitrage

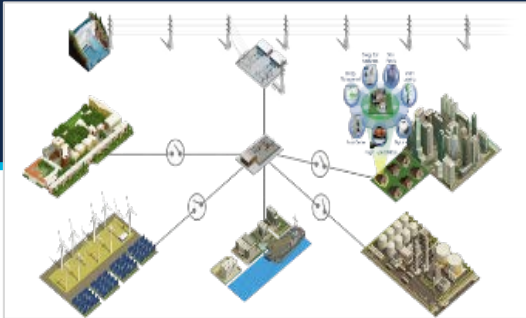
## Hybride Solaire & Eolien



Expertise en modélisation de systèmes  
Réseaux & Hors réseaux

- Contrôle de rampe
- Peak Shifting / Arbitrage
- Augmenter le taux de charge
- Eviter l'effacement
- Une plus grande prévisibilité
- EnR « Dispatchable »

## Microgrids



Plus bas coût d'énergie  
Des consommateurs actifs (Prosumers) achetant & vendant nouveaux services

- énergétiques**
- Maximiser le rendement énergétique dans des réseaux limités / encombrés
  - Architecture non-connectée
  - Accès à l'électricité, sécurité d'approvisionnement énergétique

## Hybride Thermique EGT



LM6000/2500  
Option d'amélioration  
Optimiser l'utilisation des actifs

- Contrôles intégrés
- Gains de consommation de carburant et réduction des émissions de l'unité de production
- Inertie synthétique

POWER  
ENERGY

Solutions Hybrides avec du stockage: Dimensionnement Optimal + Fonctionnement Optimal

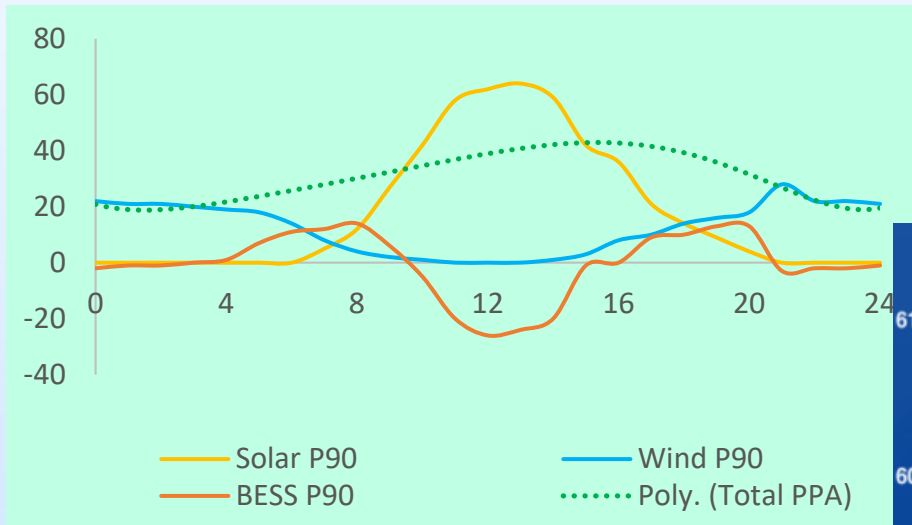


# VALEUR DES SOLUTIONS HYBRIDES

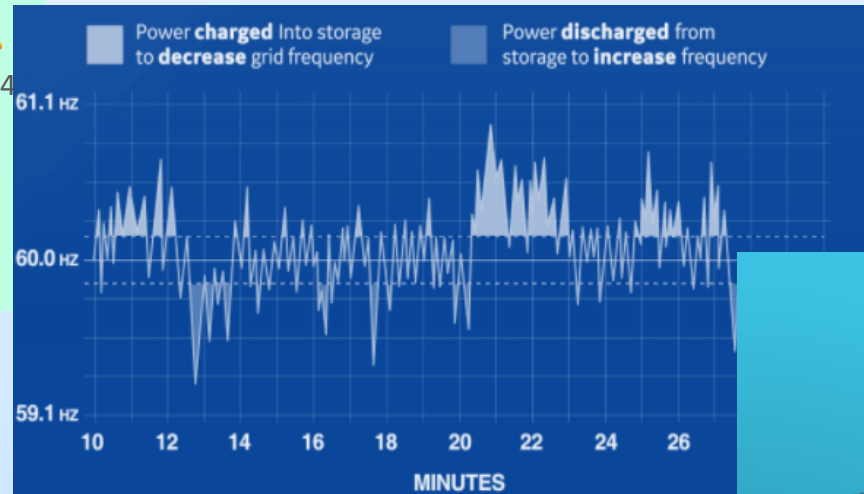


# Avantages principaux des systèmes hybrides complexes

Compensation de l'estimation P90 ... PPA proche de celui des sources dispatchables **X-Compensate P90 forecast ...**

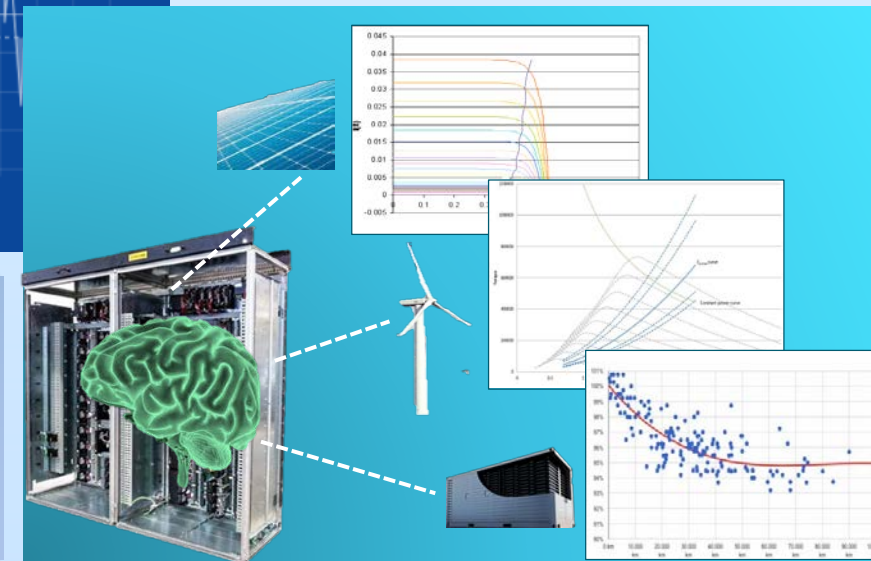


Stabilisation de la Tension & Fréquence..  
Permettant la pénétration des EnR & la participation aux services auxiliaires essentiels du réseau



1 seul OEM, HW & SW intégrés...  
Fiabilité ↑, Réglage ↑, Vitesse ↑

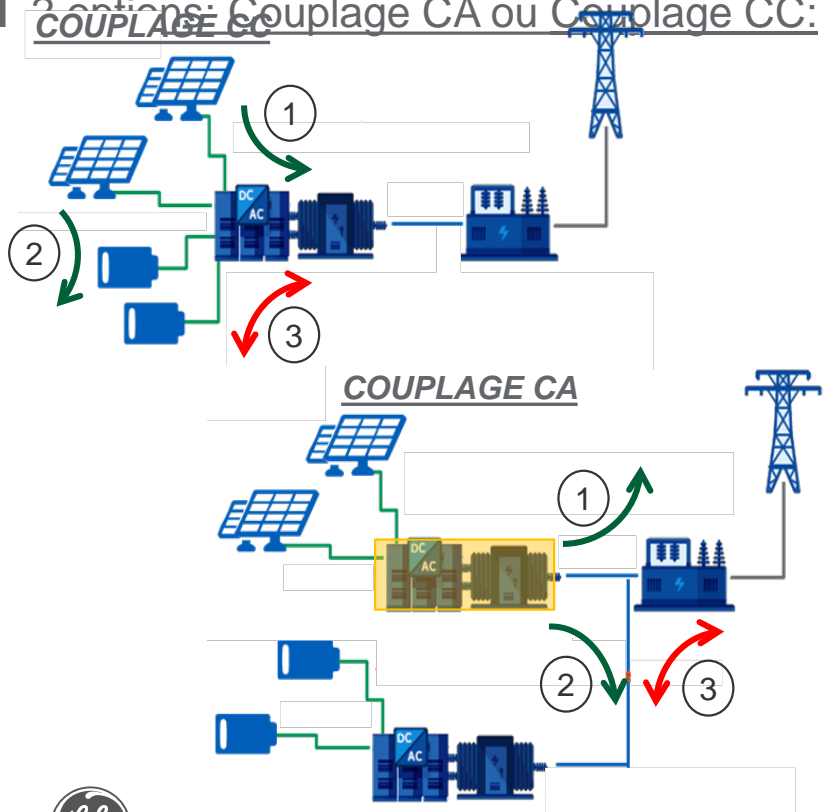
- ✓ Comble le manque de capacité de mobilisation (dispatchabilité) vs thermique
- ✓ EnR: de la menace à un contributeur de qualité pour les réseaux
- ✓ LCOE inférieur aux LCOE individuel des EnR: grande flexibilité + synergies de CAPEX & OPEX



# Etude de cas de Couplage CC: Parc Solaire + Stockage -1/2

- Max Capacité CC du PV: 100 MW CC
- Limite au point de raccordement CA: 80 MW CC
- Capacités CA minimum Min du BESS AC: 30 MW/120 MWh

Options: Couplage CA ou Couplage CC:



Mode	1 – PV au Réseau		2 – PV au BESS		3 – BESS au/du POI	
Type	Couplage -CC	Couplage -CA	Couplage -CC	Couplage -CA	Couplage -CC	Couplage -CA
Eff CA	96.0%	96.0%	98.5%	93.2%	94.1%	95.6%
BESS RTE	98.5%	98.5%	98.5%	98.5%	98.5%	98.5%
PV LF	38%	38%	38%	38%	38%	38%
Débit	327 MWh/jr	327 MWh/jr	127 MWh/jr	135 MWh/jr	120 MWh/jr	120 MWh/jr

~~Débits Couplage CA~~ <sup>CC</sup>  
~~462 MWh/jour~~ <sup>454</sup>  
~~100 MW~~ <sup>98 MW CC</sup>  
CC



# Etude de cas de Couplage CC: Parc Solaire + Stockage – 2/2

	Couplage CA	Couplage CC	Delta en unités vs Couplage CA %	Delta en prix unitaire vs Couplage CA %	% Poids du CAPEX	Total CAPEX impact %
Onduleurs PV	100 MVA	0 MVA	-100%	0%	35%	-35.0%
Onduleurs BESS	40 MVA	98 MVA	+120%	+40%	15%	+25.2%
PV Optimizers	0	6000	+6000	NA	2.4%	+2.4%
PV's	100 MWp	98 MWp	-2%	0%	40%	-0.8%
EBOP, EPC works	NA	NA	-25%	0%	20%	-4.5%
<b>TOTAL</b>						<b>-12.7%</b>

- ✓ Réduction du CAPEX vs Couplage CC-> Des économies profitant à toute la chaîne énergétique
- ✓ Niveaux de stock et encombrement réduits -> 52 onduleurs de moins, tous les onduleurs sont les mêmes (Reservoir RIU's)
- ✓ Bénéfices supplémentaires du Reservoir:
  - Drop-ship -> Unité de stockage (RSU) installée en 60% du temps en moins que la durée standard et livrée déjà testée avec les batteries en usine.
  - Haute efficacité de conversion CC/CC au niveau du String-> Tensions CC égalisées sans coût d'énergie ... jusqu'à 15% de vie en plus





# DYNAMIQUES REGIONALES



# Approches différentes des hybrides selon les dynamiques régionales

## US / Australie – Solaire + Stockage



- Effacement / Réduction dans les régions à forte saturation solaire
- L'intégration du stockage permet la «dispatchabilité»
- Parcs Solaire + Stockage éligibles à des subventions (e.g. ITC - US)

## Inde – Eolien + Solaire



- Politique nationale sur l'énergie hybride éolienne-solaire publiée par le MNRE (Mai 2018)
- Promotion de grands systèmes hybrides connectés au réseau pour une utilisation optimale des terres et des infrastructures du réseau de transport, et une meilleure stabilité du réseau
- Enchères SECI pour 1.2GW Hybride en cours...

## Corporate PPAs / Production Captive



- Gros consommateurs industriels cherchant à maximiser l'autoconsommation
- Remplacement de la production thermique captive plus coûteuse
- Des solutions hybrides pour répondre aux exigences de charge spécifiques

## Iles – Stabilité des réseaux



- Exigences strictes en matière de rampe pour accorder l'interconnexion au réseau
- Solution hybride intégrée, incluant le contrôle et optimisation pour la conformité
- Hokkaido Japan... rampe < +/-1%/min en tout temps, 4 blocks par jour



# ANATOMIE D'UN BESS





# Un système de systèmes

CONVERSION  
DE PUISSANCE

GESTION DES  
BATTERIES (BMS)

CONTENNEURS  
SUR MESURE

UNITE DE  
CONTROLE

TRANSFORMATEUR  
HTA

CELLULES HTA

CONSULTING &  
SERVICES

SUITE  
LOGICIELLE



# Unité de Stockage de GE (Reservoir Storage Unit – RSU)

**JUSQU' À 15% DE DURÉE DE VIE DE BATTERIE PROLONGÉE GRÂCE À L'UTILISATION D'UNITÉS DE PROTECTION DE RACK (BPU) BREVETÉES**

**JUSQU'À 50 % DE RÉDUCTION DU TEMPS D'INSTALLATION GRÂCE À UNE SOLUTION FABRIQUÉE ET TESTÉE EN USINE**

**AMÉLIORATION DE LA SÉCURITÉ EN RÉDUISANT LE COURANT DE DÉFAUT JUSQU' À 5x**

**PERMETTRE JUSQU'À 50 % DE VENTES D'ÉNERGIE SOLAIRE EN PLUS AVEC UN RAPPORT DE CHARGE PV/ONDULEUR AMÉLIORÉ**

# AU SERVICE D'UNE CLIENTÈLE MONDIALE AVEC UNE EXPERTISE LOCALE

GE est mondialement reconnue pour la conception et la fourniture de solutions de stockage d'énergie sur mesure pour diverses applications. Avec des experts techniques régionaux, nos équipes travaillent directement avec les clients pendant toute la durée du projet. A ce jour, GE dispose de plus de 330 MWh de stockage d'énergie en exploitation ou en construction dans le monde.

**EXCELLENCE INDUSTRIELLE**

**10 ans**  
d'expérience dans le secteur du stockage

**20 ans**  
garantie de performance

**ROLE DE PIONNIER**

**1er Hybride Thermique EGT**  
stockage + turbine à combustion (production de pointe) en exploitation

**Black Start**  
1er démarrage d'urgence éprouvé de CCGT

**UNE EXPERTISE LOCALE**

**40+ Pays**  
Gamme complet de services de conseil et de maintenance

**248 MWh**  
en Amérique du Nord

**54 MWh**  
en Europe

**21 MWh**  
en Asie

**7 MWh**  
en Afrique

## Service

**52+** centres de service et de réparation

**17** centres de formation










# SECURITE des BESS EVOLUTION REGLEMENTAIRE



# INTRODUCTION AUX RISQUES COURANTS



# Risques courants dans le secteur

	RISQUE(S)	POSSIBILITE D'EXPOSITION
	<b>CHUTE</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Travail en hauteur, au dessus d'un dispositif or sur des échelles, à proximité d'une tranchée...</li></ul>
	<b>PINCEMENT; COUPURE</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Chargement de module, utilisation d'outils</li></ul>
 	<b>TEMPERATURE ELEEVE</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Raccordement lâche, défauts, court-circuit, mélange inflammable</li></ul>
	<b>POISON; ASPHYISIE</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Dégagement de gaz; système d'extinction</li></ul>
 	<b>CHOCK ELECTRIQUE</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Travail sous tension, Entretien ou Installation</li></ul>





# CHAINE DE VALEUR; MATRICE DE CONTROLE DES RISQUES

# Considérations de sécurité tout au long de la chaîne de



MATIERE  
PREMIERE

FIN DE VIE

**CREER**

**FABRIQUER**

**UTILISER**

**RECYCLER**

- FORMULER
- CONCEVOIR
- PROTOTYPE

CAUSES  
PRINCIPALES DE  
L'EVENEMENT

Exigences incomplètes

Manque de maturité  
Tech.

(limites dépassées)

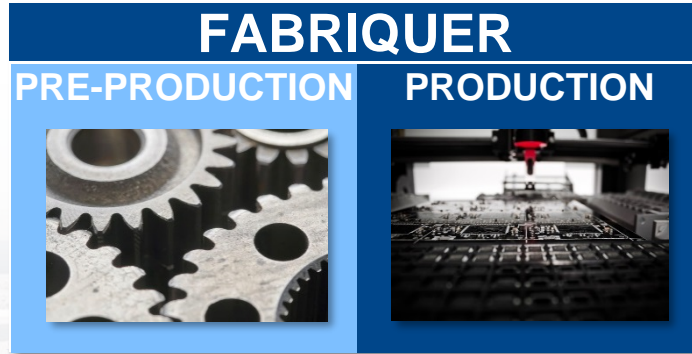
Incompatibilités entre  
composants.

Comprendre les exigences et les capacités aide à établir la robustesse d'un problème ultérieur





# Considérations de sécurité tout au long de la chaîne de valeur



MATIERE PREMIERE

FIN DE VIE



- FORMULER
- CONCEVOIR
- PROTOTYPE

- PRE-PRODUCTION
- PRODUCTION

CAUSES PRINCIPALES DE L'ÉVÈNEMENT

Exigences incomplètes

Manque de maturité Tech.  
(limites dépassées)

Incompatibilités entre composants.

Défaut des matières premières

Défaut de fabrication

Défaut de Qualité

La conception des pièces et des procédés détermine la qualité des produits



# Considérations de sécurité tout au long de la chaîne de valeur



MATIERE PREMIERE

FIN DE VIE



- FORMULER
- CONCEVOIR
- PROTOTYPE

- PRE-PRODUCTION
- PRODUCTION

- INSTALLER
- EXPLOITER
- MAINTENIR

CAUSES PRINCIPALES DE L'ÉVÈNEMENT

- Exigences incomplètes
- Manque de maturité Tech. (limites dépassées)
- Incompatibilités entre composants.

- Défaut des matières premières
- Défaut de fabrication
- Défaut de Qualité

- Manque de formation
- Procédures non suivies
- Défaillance d'un composant

- Utilisation non conforme
- Manque d'étalonnage
- Facteurs externes

Un bon entretien permettra de rentabiliser l'activité pendant de nombreuses années



# Considérations de sécurité tout au long de la chaîne de valeur



MATIERE PREMIERE



- FORMULER
- CONCEVOIR
- PROTOTYPE

- PRE-PRODUCTION
- PRODUCTION

- INSTALLER
- EXPLOITER
- MAINTENIR

- DEMANTELEMENT
- REMISE EN ETAT

CAUSES PRINCIPALES DE L'ÉVÈNEMENT

Exigences incomplètes

Manque de maturité Tech.  
(limites dépassées)

Incompatibilités entre composants.

Défaut des matières premières

Défaut de fabrication

Défaut de Qualité

Manque de formation

Procédures non suivies

Défaillance d'un composant

Utilisation non conforme

Manque d'étalonnage

Facteurs externes

Manque de formation

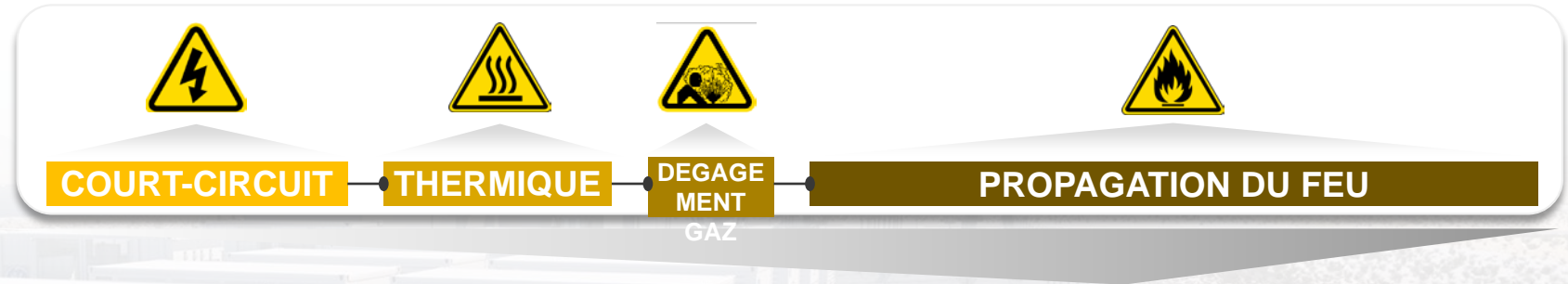
Procédures non suivies

Défaillance d'un composant

La remise en état de l'actif produit les batteries futures tout en finançant le démantèlement



# Chronologie des événements



MATIERE PREMIERE

*Incident (ex. feu)*

FIN DE VIE

**CREER**

**FABRIQUER**

**UTILISER**

**RECYCLER**

- FORMULER
- CONCEVOIR
- PROTOTYPE

- PRE-PRODUCTION
- PRODUCTION

- INSTALLER
- EXPLOITER
- MAINTENIR

- DEMANTELEMENT
- REMISE EN ETAT

CAUSES PRINCIPALES DE L'ÉVÉNEMENT

Exigences incomplètes

Manque de maturité Tech.  
(limites dépassées)

Incompatibilités entre composants.

Défaut des matières premières

Défaut de fabrication

Défaut de Qualité

Manque de formation

Procédures non suivies

Défaillance d'un composant

Utilisation non conforme

Manque d'étalonnage

Facteurs externes

Manque de formation














Procédures non suivies

Défaillance d'un composant

Si un événement se produit, il faut du temps pour qu'il se développe complètement. Cela offre la possibilité de le contrôler



# Equipement & Processus de GE

		CELL	MODULE	STRING				UNITE DE STOCKAGE		UNITE DE CONVERSION				PROCESSUS																
 Norme industrielle  Norme spécifique	 Préventif  Réactif  Constats Corée  Obs. prelim.	Couche de Sécurité (Safety function layer)	Manual Service Disconnect	Fusibles coordonnées	BMS/ Système de surveillance	Protection contre les surintensités	Parafoudres (S.A.)	Limites de la batterie	Dispositif de Consignation - Déconsignation (LOTO)	BMS/ Système de surveillance	Contrôle de Temp. & humidité – CVC HVAC	Matériaux résistants au feu	Tenue aux courants forts de court-circuit	Qualifiée Zone sismique 4	Ventilation / secours	Détecteurs fumée / Extinction des incendies / Séparation	Protection anti-îlotage	Protection de tension CC	Exigences lors de perturbations de la tension / de la fréquence (VRT/FRT)	Protection contre la surchauffe	Protection contre les surintensités et les courts-circuits short	Détecteur de défaut à la terre / Isolation	Filtre en mode différentiel ou en mode commun	Plan d'intervention en cas d'incident	Surveillance 24h sur 24, 7 jours sur 7	Education & Formation	Maintenance planifiée	Validation coordonnée de la conception	Audit qualité de la production	
	 Norme industrielle  Norme spécifique	Event																												
 Sur/Sous tension				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
 Court-Circuit	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
 Arc électrique			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
 Propagation	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
 Surpression	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Les commandes et les protections différenciées de GE offrent un fonctionnement plus





# EVOLUTION REGLLEMENTAIRE

# Impact des normes réglementaires sur les utilisateurs

**NORMES/CODE**

**RESUME**

**FAVORABLE**

**DEFAVORABLE**

**UL 9540**

Norme pour les équipements de stockage d'énergie

✓ Contrôle de fonctionnement et de sécurité

• Coûts de la certification

**UL 9540A**

Directives d'essais de résistance au feu des ESS

✓ Homologation UL  
✓ Données d'essai pour tous, y compris les autorités compétentes (AHJ), afin d'évaluer les risques

• Coûts supplémentaires sans critère de réussite ou d'échec

**NFPA 855**

Directives d'installation des ESS

✓ Norme commune pour l'installation des ESS

• Très restrictive, c.-à-d. limites applicables aux installations / limites de taille (MWh)

**IEC 62933**

Version UE de la norme pour les équipements de stockage d'énergie

✓ Contrôle de fonctionnement et de sécurité

• Coûts de la certification

**UL 1741**

Norme pour les onduleurs, les convertisseurs, les contrôleurs

✓ Marquage CE  
✓ Connexion de l'ESS au réseau

• Coûts; disponibilité limitée des laboratoires pour les tests de conformité aux codes de réseaux

Besoin de normes, de codes et de directives raisonnables pour promouvoir la croissance de l'industrie



# OBSERVATIONS FINALES





# Les projets hybrides sont devenus une réalité...



## GE Renewable Energy & Stanton Energy Reliability Center implement Hybrid Electric Gas Turbine (EGT\*) System with LA Basin Project

Apr 15, 2019

- GE has reached agreement with Stanton Energy Reliability Center, LLC (SERC) to integrate Battery Energy Storage systems with two LM6000 Gas Turbines
- The project is currently under construction in the Los Angeles Basin and will support energy generation for local reliability in the West Subarea
- GE will provide the hybridization solution (EGT) for two Gas Turbines.

**Phoenix, April 15, 2019:** GE Renewable Energy announces today that it has reached agreement with SERC to integrate Battery Energy Storage systems with two LM6000 Gas Turbines. GE, along with Wellhead Power Solutions, will provide the Hybrid Electric Gas Turbine (EGT) modification solution to allow the two Gas Turbines to operate with the Battery Energy Storage systems as a 98 MW integrated hybrid resource.

The Stanton Energy Reliability Center (SERC) is a state-of-the-art hybrid energy storage

system that will consist of two General Electric (GE) LM6000

based EGT@s. EGT@ refers to the Hybrid technology jointly developed by General Electric International, Inc. (GE) and Wellhead Power Solutions. The EGT@ combines a turbine with

## GE's Largest Battery Deal Yet Will Support a 200MW Australian Solar Plant

The Solar River project in South Australia marks GE's first confirmed foray into large-scale renewables storage.

JULIAN SPECTOR | SEPTEMBER 19, 2019



A long-awaited validation for GE's energy storage program.

GE won its biggest grid battery deal so far, to supply a solar plant in South Australia.



Ad closed by Google

TOP ARTICLES

HYBRID POWER

## Shades Of Green: Wind-Battery Hybrid System Debuts In Ireland

Nov 26, 2018 by Brendan Coffey



BRIEF

## GE, Juhl partner for first commercial solar-wind hybrid generation project



(Credit: Depositphotos)

## GE and Southern California Edison Debut World's First Battery-Gas Turbine Hybrid

Apr 17, 2017

- Helps meet immediate energy needs in California
- Enhances flexibility, reliability and response time to customer demands
- Allows more effective use of renewables and faster response to customer demands
- Reduces environmental impact and cost for Southern California Edison's operations and its customers

**California, USA - April 17, 2017:** GE and Southern California Edison (NYSE: EIX) have unveiled the world's first battery-gas turbine hybrid system. The system, located in Norwalk, California, consists of two units that GE has delivered and installed. GE is announcing initial details of this innovative technology.

This system, called the LM6000 Hybrid Electric Gas Turbine (Hybrid EGT), will provide 100 MW of renewable energy capacity by providing quick start, fast ramping cap...



**2017 Innovation of the Year!**

## GE Renewable Energy to Implement DC-Coupled Solar and Battery Energy Storage Hybrid System in Upstate New York

Apr 15, 2019

- GE has reached an agreement with Helios Energy to integrate two energy storage and solar systems together
- The hybrid system will be installed in upstate New York at the end of 2019 and is expected to reach commercial operation in the second quarter of 2020
- The innovative DC-coupled solution improves solar yield and overall efficiency of the system while enabling dispatchable renewable energy into the grid

**Phoenix, April 15, 2019:** GE Renewable Energy announces today that it has reached an agreement with Helios Energy to deliver two energy storage systems to be integrated with solar arrays for the Lenox



**1**

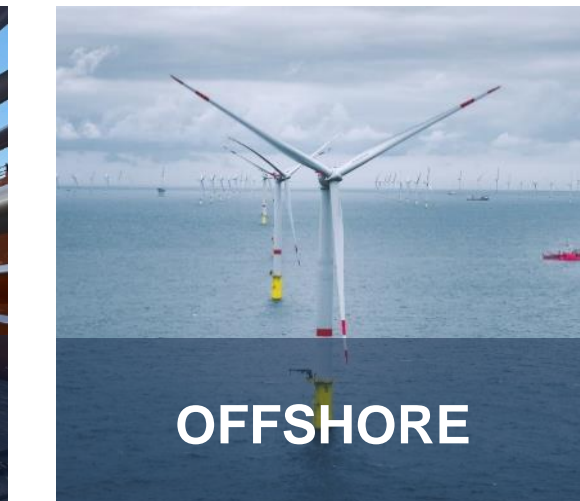
**Comme pour d'autres technologies, le stockage de l'énergie n'est pas sans risque. Il s'agit d'une discussion pour nous aider à comprendre les risques et à les atténuer.**

**2**

**Que vous soyez le promoteur ou le client, demandez-vous, ainsi que vos fournisseurs et vos clients, comment ils atténuent les risques connus.**

# GE Renewable Energy

\$15B revenue • 40,000 employees



*Gamme la plus complète du marché; nous donne l'envergure, la portée et la capacité de remplir notre mission*



