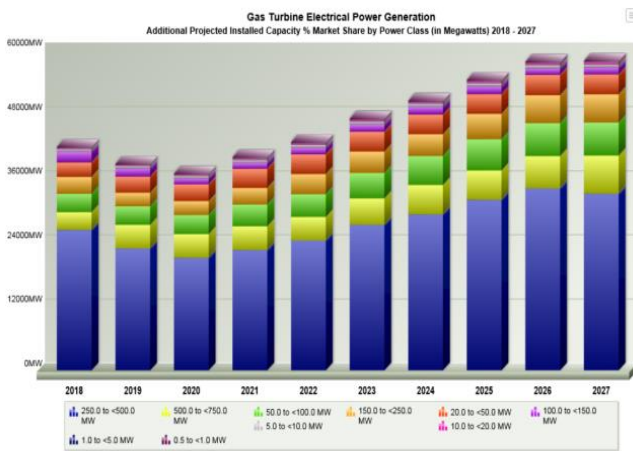




**Direction Stratégie Et Systèmes**  
**Structure Stratégie et Veille**

**Note De Veille Technologique émise par La Société  
Algérienne de Production de l'Electricité**

***Vol 2018 - N° 11 : Novembre 2018***



## Table des matières

Prévisions Mondiale De Turbines A Gaz.....	3
Petites turbines et micro-turbines.....	5
Tendances régionales.....	5
Les États-Unis d'Amérique.....	5
Europe de l'Ouest.....	6
L'Europe de l'Est.....	6
Asie du sud est.....	6
Inde et Chine.....	7
Vue d'ensemble OEM.....	8
GE.....	8
Siemens.....	8
MHI.....	8
Mise en œuvre d'un programme de systèmes de tuyauterie couverts ASME.....	9
Développement de programme spécifique à un site.....	9
Évaluations CPS.....	12
Inspections de sous-traitance.....	12
Trois choses que les professionnels de la sécurité ICS peuvent faire pour maximiser la disponibilité.....	13
Comment les attaques ICS fonctionnent et combien elles coûtent.....	13
Pourquoi la sécurité ICS est-elle une si grosse affaire en ce moment?.....	13
Trois choses que tous les opérateurs ICS devraient faire.....	14
Meilleures pratiques pour le soudage critiques des centrales électriques.....	15
Matériel requis.....	15
Soudage des tuyaux de vapeur haute pression et des aciers inoxydables.....	16
Mécanismes de Corrosion.....	17
Enlèvement de teinte thermique.....	18
Techniques de purge de soudure.....	18
Les entreprises du secteur de l'énergie libèrent efficacité et gains environnementaux avec l'IoT.....	18
Consolidation de la technologie dans le secteur des services publics.....	19
Calendrier d'événements.....	21
Power-Gen International.....	21
Middle East Electricity.....	21
Corrosion 2019.....	21

## Prévisions Mondiale De Turbines A Gaz

LES DECLINES SONT APPARENTES POUR LES PROCHAINES ANNEES, MAIS UN RECOUVREMENT DU MARCHE EST EN VUE

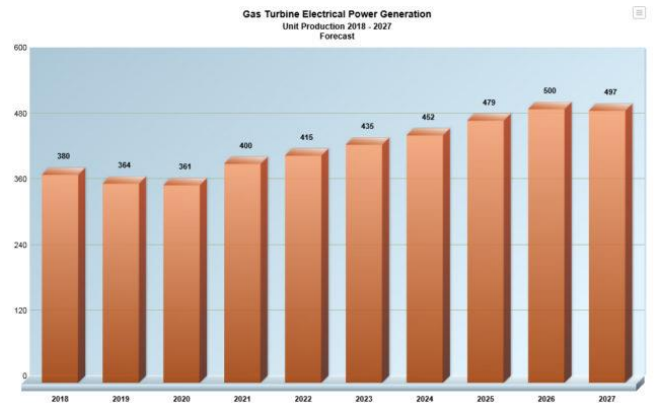
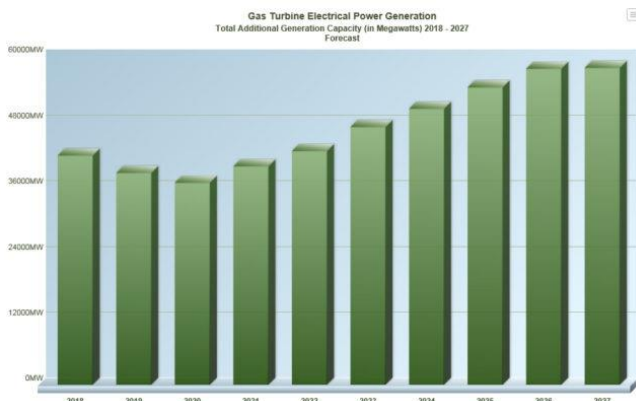
La surcapacité des équipements de production d'électricité et la faiblesse des prix qui en résultent ont un impact sur le marché de la production d'électricité par turbines à gaz. En résumé, les entreprises vendent beaucoup moins de turbines à gaz que prévu et reçoivent un prix unitaire inférieur pour chaque vente.

La récente situation de Siemens AG à propos de la restructuration de ses activités de production d'électricité pour s'adapter à la situation mondiale illustre bien la gravité de la situation :

«La demande mondiale pour les grandes turbines à gaz (générant plus de 100 mégawatts) a considérablement chuté et devrait se stabiliser autour de 110 turbines par an. En revanche, la capacité de production technique de tous les producteurs dans le monde est estimée à environ 400 turbines.»

Ces chiffres confirment les estimations indépendantes de Forecast International selon lesquelles les ventes de turbines à gaz de production d'électricité sur la période 2018-2027 totaliseront 107,433 milliards de dollars, soit une baisse de 7,35% par rapport aux ventes de 2017-2026. Cela équivaut à une réduction significative des revenus et à une pression accrue sur les marges bénéficiaires.

En conséquence, GE, Siemens et MHPS, les trois principales sociétés du secteur des équipements de production d'énergie, ont entrepris des restructurations majeures afin de réduire les coûts et de rationaliser la production.



À court terme, il semble y avoir peu de soulagement de la dépression actuelle du marché. En effet, avec l'affinement des prévisions, la récession du marché s'est aggravée et s'étend dans le futur.

En 2018, Forecast International a entrepris de moderniser ses bases de données industrielles et marines. Les consoles de puissance ont été affinées pour tenir compte de l'augmentation constante de la production de turbines à gaz et des calculs de la capacité de production d'électricité supplémentaire complétant les prévisions existantes en termes d'unité et de valeur. Ces changements se sont révélés révélateurs (Figure 1).

Sur la base de ces informations, il semble certain que la situation actuelle de réduction de la demande, de surcapacité et de faiblesse des prix devrait se poursuivre au moins jusqu'au début des années 2020. Il faudra probablement 2022 avant que les augmentations annuelles de la capacité installée ne soient équivalentes à celles de 2018, ce qui représente une réduction substantielle par rapport aux années précédentes. Cependant, la reprise de la capacité installée à partir de ce point bas est assez marquée et augmente rapidement jusqu'en 2026 environ.

Le principal moteur de cette reprise est le développement de grandes installations à cycle combiné dans les pays industrialisés, notamment au Japon, en Europe et en Asie. Le remplacement des installations très polluantes sera un facteur important pendant cette période.

Il sera complété par la modernisation des anciennes installations pour répondre aux normes d'efficacité. Les turbines à gaz construites dans les années 1960 et au début des années 1970 vont être remplacées par des turbines modernes. L'importance de cette tendance en termes de capacité supplémentaire peut être illustrée en comparant les figures 1 à 2 sur les ventes unitaires.

En comparant ces graphiques, on peut constater que la production moyenne d'une turbine à gaz de production d'énergie en 2018 est de 110 MW. En 2027, ce chiffre passe à 116,5 MW. Un examen attentif des données montre que cette tendance s'accélère. Il convient de noter que ce chiffre ne prend pas en compte l'augmentation majeure de la production et de l'efficacité résultant de l'introduction généralisée d'installations à cycle combiné de grande taille.

La récupération de la chaleur perdue dans les turbines à gaz et son utilisation pour faire fonctionner une turbine à vapeur ont permis d'obtenir des rendements supérieurs à 60% pour les installations d'une puissance de 800 à 1 000 MW.

Cela met en évidence un autre changement profond dans la situation financière. L'approvisionnement en turbines à gaz n'est plus directement lié à la demande croissante en énergie. Au lieu de cela, la possibilité d'acquérir des turbines à gaz supplémentaires n'est que l'un des nombreux moyens mis à la disposition des sociétés de production et de distribution.

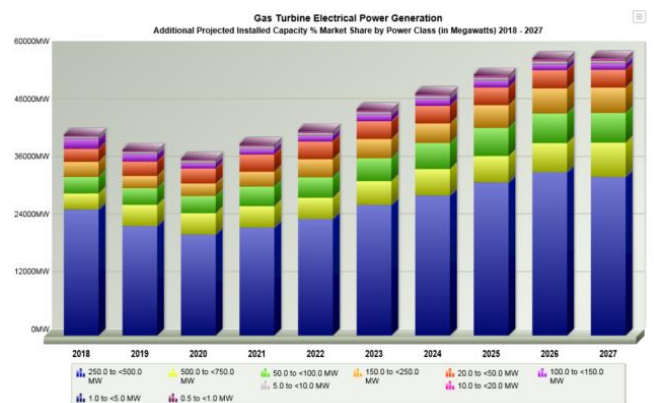
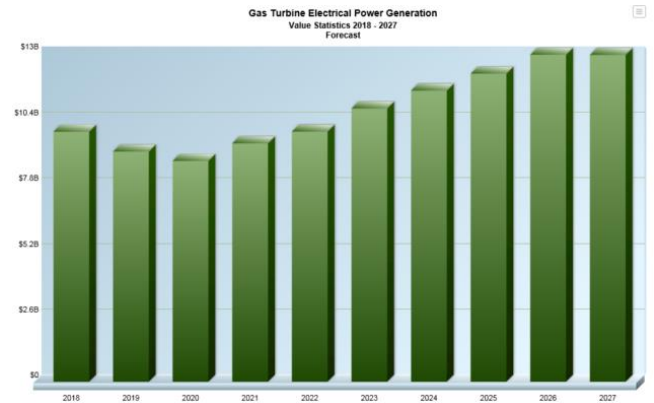
Une autre façon de procéder consiste à comparer les coûts de production d'un mégawatt en 2018 avec ceux susceptibles de s'appliquer en 2027. En 2018, l'ajout d'un mégawatt de capacité de production a coûté 4,2 millions de dollars. En 2027, ce chiffre atteindra 4,4 millions de dollars. Il existe bien sûr des variations régionales considérables.

La comparaison des graphiques projetés pour la période 2018-2027 en termes de puissance totale, de nombre d'unités et de valeur (Figures 1, 2 et 3) montre que les deux plus étroitement alignés sont la valeur de la production et la puissance totale. Les augmentations post-récession sont nettement moins importantes lorsqu'elles sont exprimées en unités par rapport à quand elles sont affichées en valeur et en puissance.

Cela suggère que les plus grandes turbines représentent le principal domaine de croissance de l'industrie, celles entre 250 et 500 MW et entre 500 et 750 MW. Dans le même temps, nous assistons également à une croissance significative dans la région des micro-turbines.

La combinaison de ces facteurs suggère que la classe de puissance de turbine à gaz plus petite dans les fourchettes de 20 à 100 MW est en train d'être comprimée. C'est également le domaine dans lequel les turbines aérodérivatives ont le plus d'impact. Cela ne

présage rien de bon pour les produits établis non aérodérivés dans cette catégorie.



La figure 4 présente la puissance de sortie totale installée pour la période 2018-2027 par classe de puissance. Il est évident que la catégorie des 250 à 500 MW constitue l'épine dorsale de l'industrie de la production d'électricité et devrait être maintenue au moins pendant la prochaine décennie.

Cette catégorie a été moins durement touchée par la récession que la plupart des autres secteurs. Le segment des 500 à 750 MW gagne également en importance, tout comme le segment des 50 à 150 MW. Ce dernier secteur semble être en grande partie imputable aux turbines à gaz à conversion aérodynamique.

Les petites turbines et les micro-turbines ne contribuent que très peu à la capacité énergétique globale. Mais ils représentent la majorité des ventes unitaires. La modularité et la flexibilité des petites turbines ainsi que les faibles niveaux d'émissions sont quelques-uns des avantages qui favorisent leur adoption.

## Petites turbines et micro-turbines

Les perspectives sont largement positives pour les petites turbines à gaz de 1 MW à 10 MW. L'analyse du marché révèle une légère diminution de la valeur et de la production unitaire à court terme, avec une croissance globalement positive jusqu'en 2027. Les turbines à gaz de cette classe énergétique doivent toutefois faire face à une vive concurrence. Les moteurs alternatifs gagnent du terrain en raison du rendement relativement élevé dans cette plage de puissance.

Les micro-turbines ont des perspectives légèrement différentes. La capacité de production d'électricité devrait se stabiliser au cours de la période de prévision. Il y a eu une augmentation significative du marché en 2018 en raison d'une commande importante en Russie pour des turbines FlexEnergy.

La production à l'unité, cependant, risque d'être bouleversée. Deux nouvelles sociétés européennes arrivent sur le marché avec des produits non conventionnels. Micro Turbine Technologies et Bladon Jets ont tous deux développé de petites machines. EnerTwin de MTT produit 3,2 kW et est optimisé pour la production de chaleur dans les petits bâtiments.

Le MTG12 de Bladon Jets est de 12 kW et est conçu pour alimenter des tours de téléphonie mobile distantes. Ces nouvelles micro-turbines arrivent tout juste sur le marché. Leur part globale sera mineure en termes de production d'énergie et de valeur. Mais les deux sont susceptibles d'avoir un impact significatif sur les totaux des unités. Alors que Capstone Turbine restera le premier producteur d'unités, Bladon et MTT devraient occuper les deuxième et troisième places au cours de la période de prévision.

### Tendances régionales

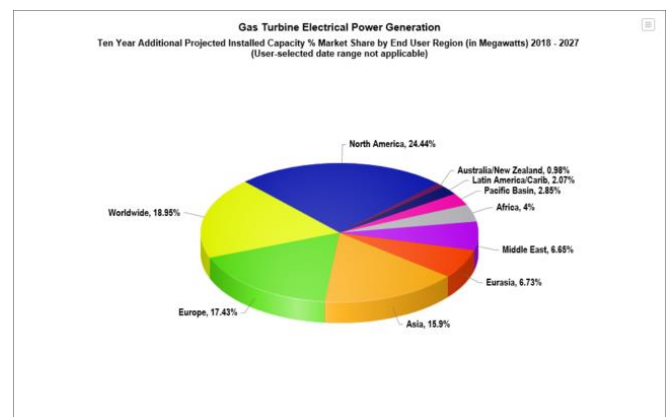
La modification des profils de consommation des utilisateurs est devenue un phénomène mondial, bien que la motivation puisse différer d'une région à l'autre. En Europe et aux États-Unis, le principal objectif est de réduire la demande en électricité, donc la pollution et d'éliminer les émissions potentiellement nocives.

Dans d'autres régions, ce sont les avantages économiques des nouvelles technologies à faible consommation d'énergie qui constituent le principal moteur, plaçant l'équipement électrique à la portée de

personnes qui, autrement, n'auraient pas les moyens de les faire fonctionner.

Certains facteurs, cependant, sont courants à l'échelle mondiale. Le gaz naturel est devenu le combustible de choix pour la production d'électricité, alimentant au moins 75% des turbines à gaz utilisées pour la production. Pourtant, même ici, il existe des exceptions. Les centrales alimentées au charbon et au pétrole sont toujours commandées dans la région Asie-Pacifique, tandis que le charbon est préféré en Europe orientale.

Selon les prévisions, l'Amérique du Nord reste le marché le plus important en termes de capacité ajoutée et de valeur des turbines à gaz pour les dix prochaines années, suivie de l'Europe. Les deux marchés, cependant, peuvent être considérés comme matures. Le potentiel non réalisé d'ajout de turbines à gaz dans d'autres régions est considérable.



### Les États-Unis d'Amérique

Selon la US Energy Information Administration, le charbon représente actuellement environ 41% de l'électricité du pays, contre 27% du gaz naturel. Cette situation évolue rapidement. En 2035, l'agence prévoit que le gaz naturel sera le principal combustible utilisé pour la production d'électricité.

La production au gaz naturel devrait augmenter de 3,1% par an jusqu'en 2038, ce qui signifie que plus de 340 000 MW de capacité au gaz seront ajoutés au réseau américain au cours de cette période.

Les principaux facteurs qui ont motivé le passage à la production d'électricité à partir de gaz sont les facteurs économiques favorables liés à la construction de centrales à gaz, la confiance dans l'approvisionnement en combustible à long terme et les réglementations

environnementales qui rendent l'utilisation continue de la production au charbon plus ardue.

L'administration actuelle a toutefois poussé de nouveau à réduire l'élimination du charbon et à trouver les moyens de permettre son utilisation dans des centrales électriques respectueuses de l'environnement.

L'amélioration de la distribution et du contrôle du réseau aux États-Unis continue de brouiller la distinction entre la capacité de base et le reste. À présent, seule la capacité de production à propulsion nucléaire est considérée sans équivoque comme étant la charge de base en raison de sa longue durée de fonctionnement à charge stationnaire. Dans ce contexte, les ventes de machines des classes G, H et J augmentent, les services publics accordant plus d'importance à l'efficacité.

### Europe de l'Ouest

Selon Eurostat, principale source de données sur l'énergie des pays de l'Union européenne, la production totale nette d'électricité dans l'UE s'est établie à 2,78 millions de gigawattheures (GWh) en 2016. Cette augmentation représente une augmentation de 1,1% par rapport à l'année précédente, renversant ainsi une longue période de baisse sensible de la production depuis 2011. Cependant, dans l'ensemble, le niveau de production nette d'électricité en 2016 était toujours inférieur de 14% au niveau record de 3,22 millions de GWh enregistré en 2008.

L'Allemagne a enregistré le plus haut niveau de production nette d'électricité en 2014 parmi les États membres de l'UE, représentant 18,6% du total de l'UE, juste devant la France avec 15,8%. Le Royaume-Uni était le seul autre État membre avec une part de marché à deux chiffres, avec 10,9%.

La volonté de réduire les émissions, de préserver les ressources et d'accroître l'efficacité énergétique a affecté la production européenne en entraînant l'élimination des anciennes centrales et en réduisant considérablement l'utilisation du charbon. En Grande-Bretagne, cela a abouti à la quasi-élimination du charbon en tant que combustible de production d'énergie.

Un marché de l'énergie en déclin ne semble pas être une bonne nouvelle pour les fournisseurs de turbines, mais la situation n'est pas complètement négative. Les anciennes installations moins efficaces sont remplacées

par les nouvelles technologies. Le gaz remplace le charbon et la cogénération est de plus en plus courante. Ainsi, l'Europe occidentale restera un marché pour les turbines de production d'énergie, même si une croissance importante sera observée ailleurs.

### L'Europe de l'Est

La baisse de la production d'électricité sur la période 2010-2014 pourrait avoir été reproduite dans toute l'Europe occidentale. Toutefois, la production nette d'électricité a augmenté en Europe orientale, notamment en Roumanie, en Pologne, en Slovaquie, en Bulgarie et en République tchèque.

Le principal facteur a été la longue et lente reprise de ces pays après les décennies de stagnation sous le communisme. Ils ont émergé avec des systèmes de production d'énergie traditionnels composés d'équipements anciens, inefficaces et mal entretenus.

À l'heure actuelle, le gaz naturel ne représente que 9% de la capacité de production de cette région. Les doutes sur la stabilité des approvisionnements en provenance de Russie vont à l'encontre d'une nouvelle expansion de la capacité de production de gaz.

Les turbines à gaz restent toutefois bien implantées en Pologne, en Croatie, en Macédoine et en Hongrie. La Pologne a l'intention de construire jusqu'à 8 000 MW de capacité de production d'électricité à partir de gaz au cours de la prochaine décennie.

Globalement, les opportunités de marché en Europe de l'Est sont bonnes. Les facteurs contraignants sont économiques plutôt que techniques ou environnementaux. Cela laisse supposer que les entreprises qui vendent avec succès à ce secteur du marché le feront en aidant leurs clients à trouver un financement.

### Asie du sud est

La demande en énergie de l'Asie du Sud-Est devrait augmenter de 80% d'ici 2040, alors que l'économie régionale triplera et que la population augmentera de près du quart, pour atteindre 760 millions d'habitants. La demande de pétrole devrait passer de 4,7 millions de barils par jour en 2014 à 6,8 millions de barils par jour en 2040 et la consommation de gaz naturel devrait augmenter de près des deux tiers pour atteindre environ 265 milliards de mètres cubes.

Contrairement aux régions susmentionnées, la demande de charbon augmentera à un rythme sans précédent. À la fin de la période de projection, le charbon dépassera le pétrole pour devenir le combustible le plus important du bouquet énergétique.

Pour satisfaire l'envie d'électricité de l'Asie du Sud-Est, il faudra installer une capacité de production d'électricité de 400 GW, dont 40% seront alimentés au charbon. L'augmentation de l'utilisation du charbon est soutenue par des facteurs économiques, une offre abondante et la nécessité d'une électrification rapide.

Mais il souligne également la nécessité d'accélérer le déploiement de technologies plus efficaces pour faire face à l'augmentation de la pollution et des émissions de CO<sub>2</sub> au niveau local. Il reste un potentiel important pour le déploiement de centrales au charbon plus efficaces.

L'efficacité moyenne des centrales au charbon de l'Asie du Sud-Est a augmenté d'environ 5% au cours des dernières années, mais plus de 50% de la capacité totale installée au charbon dans la région reste inférieure aux niveaux d'efficacité standard mondiale.

Un autre aspect de la situation énergétique en Asie du Sud-Est est la limitation des réseaux de production d'énergie et de l'interconnexion régionale. Dans certaines régions, ils sont presque inexistantes. Ces conditions vont à l'encontre des investissements dans la production d'énergie, car une surabondance d'énergie dans un domaine ne peut pas être facilement transférée pour couvrir les déficits d'un autre.

Ceci, plus qu'un manque de capacité de production totale, explique la prévalence des baisses de tension et des pannes de gaz dans de nombreuses parties de la région. Des augmentations majeures de la capacité de production d'électricité et des interconnexions de réseau améliorées pourraient stimuler le développement économique en fournissant un service d'électricité plus efficace, fiable et résilient dans toute la région.

Par conséquent, les investissements dans ces secteurs sont hautement prioritaires et un marché stable et lucratif pour les producteurs de turbines à gaz et à vapeur semble inévitable.

## Inde et Chine

L'Inde et la Chine, les deux pays les plus peuplés du monde, partagent largement les mêmes problèmes de production d'électricité que l'Asie du Sud-Est. La taille même de leurs populations pose de graves problèmes à ceux qui cherchent à propager le développement économique.

Les deux sont à court d'énergie électrique. La capacité de production est inefficace et une cause majeure de pollution. Les réseaux de distribution d'électricité sont incomplets et manquent de coordination et d'administrations adéquates.

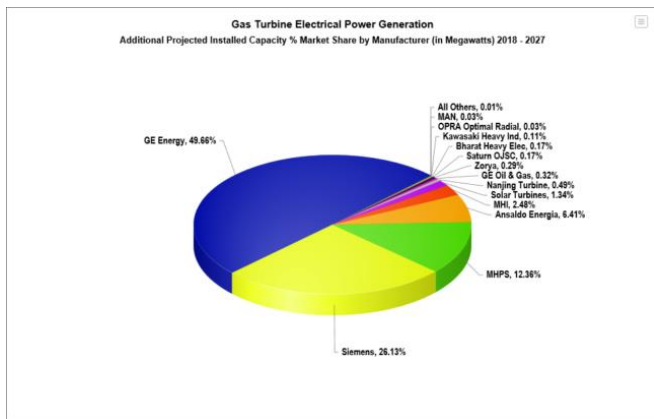
Sous le Premier ministre Modi, l'Inde a éliminé une grande partie de la bureaucratie centralisée qui entravait les investissements antérieurs dans la production d'énergie. Mais le pays reste attaché au concept de plans de développement définis.

Le pays doit mettre en service 20 à 40 GW par an pour atteindre ses objectifs, ce qui est plus de cinq fois le taux d'addition d'énergie atteint au cours de la dernière décennie.

Selon le Bureau national des statistiques de Chine, la production d'électricité en Chine a légèrement diminué en 2015, soit de 0,2%, une première baisse depuis 1968. Cette baisse était liée au ralentissement économique en Chine qui s'est accéléré en 2016, entraînant une nouvelle baisse de la puissance demandée plus probable.

Cela pourrait bien freiner les investissements futurs dans la capacité de production d'énergie à court terme, voire plus longtemps. La taille de la Chine et l'ampleur de ses projets de production d'énergie sont tels que même une réduction relativement petite équivaut à de nombreuses commandes de turbines perdues.

La politique énergétique chinoise favorise le nucléaire. En 2013, les investissements dans la production d'électricité étaient déjà moins axés sur l'énergie thermique et éolienne que sur les projets nucléaires et hydroélectriques. Actuellement, les investissements prévus dans ces secteurs s'élèvent à 114,4 milliards de dollars, dont 58,7 milliards seront consacrés à l'amélioration du réseau électrique.



## Vue d'ensemble OEM

Les trois principales entreprises de ce secteur ont été classées en fonction de la valeur des ventes (le classement en fonction de la puissance de production donne la même réponse). Ils représentent un peu plus de 90% de l'augmentation de la capacité mondiale prévue au cours des dix prochaines années. Notez que les filiales et les détenteurs de licence sont inclus dans le total.

### GE

2018-2027 Production	% du total
1 608 unités	37,27
Valeur de production 2018-2027	% du total
49,88 milliards de dollars	46,43
Capacité de puissance (GW) 2018-2027	% du total
232,6	49,66

General Electric est l'un des fabricants de moteurs et de machines à turbine à gaz les plus diversifiés au monde. Sur le marché de la production d'électricité par turbines à gaz, sa gamme de produits couvre une plage de puissance allant de 2 à 750 MW en mode cycle simple.

GE élargit sa gamme de produits pour exploiter les technologies en développement. L'efficacité et les niveaux d'émission du LM6000 ont été constamment améliorés, notamment grâce à l'injection de vapeur. La série Frame de GE est également en train d'être améliorée grâce à l'injection de technologie issue des programmes de turboréacteurs des avions CF6 et GE90.

Pourtant, malgré toute la force de son marché, GE a été durement touché par les forces économiques. Il a été contraint à une restructuration majeure, à une réduction des effectifs et à la cession de ses filiales. Cependant, les accords bien établis de la société avec le titulaire de licence et les contrats d'emballage passés avec plus de

30 sociétés dans le monde ont élargi l'attrait géographique des unités GE.

Et les conditions de marché difficiles auxquelles sont confrontées ses turbines à gaz traditionnelles à châssis large sont compensées par la fabrication des turbines à gaz GE LM500, LM2500, LM6000 et LM9000. Près de la moitié de l'augmentation projetée de la production d'énergie dans le monde proviendra des turbines à gaz GE.

### Siemens

2018-2027 Production	% du total
1 034 unités	24,0
Valeur de production 2018-2027	% du total
29,21 milliards de dollars	47,19
Capacité de puissance (GW) 2018-2027	% du total
122,2	26,13

Malgré l'acquisition par la société de la gamme de turbines industrielles Rolls Royce, les ventes et la part de marché de Siemens ont toutes deux diminué. Siemens a restructuré ses opérations de manière agressive. Il est passé de 18 divisions en 2013 à cinq. Elle a levé plus de 9 milliards d'euros d'opérations de fusion, de vente ou de scission. Il investit maintenant une proportion substantielle de cet argent dans les nouvelles technologies. Les aérodérivés acquis auprès de Rolls-Royce offrent à Siemens l'occasion de concurrencer plus largement dans la production d'énergie.

### MHI

2018-2027 Production	% du total
433 unités	10,30
Valeur de production 2018-2027	% du total
16,65 milliards de dollars	15,49
Capacité de puissance (GW) 2018-2027	% du total
69,4	14,84

Mitsubishi Hitachi Power Systems (MHPS) occupe la troisième place et est également affecté par la baisse des ventes, la surcapacité et les stocks invendus. Il a également annoncé une restructuration. Il devrait représenter 10% de la production unitaire, 15% de la valeur de la production et 15% de la capacité pour la période de prévision.

Malgré les vicissitudes de l'année dernière, les trois principales entreprises du secteur des turbines à gaz de production d'électricité détiennent 90,63% de la valeur du marché. Dans les deux paramètres critiques de projection du marché, le nombre total d'unités et la capacité totale, il est clair que le marché est fortement



concentré et le devient davantage. Les autres acteurs du secteur sont limités aux applications de niche.

La subdivision du marché montre la prédominance du segment de turbines de 250 à 500 MW. Le segment des 500 à 750 MW croît lentement mais il reste encore beaucoup à faire avant de défier le segment des 250 à 500 MW en termes de capacité. Il est difficile d'éviter l'impression que le secteur des 250 à 500 MW représente un compromis idéal en termes de production d'électricité, où les considérations de coût en capital, d'efficacité, de protection de l'environnement et de retour sur investissement coïncident.

Auteurs :

Stuart Slade est analyste principal des turbines à gaz I & M chez Forecast International. Cet article fournit des données compilées à partir du service d'information et d'analyse Platinum 4.0 de Forecast International.

Carter Palmer est analyste de turbines à gaz industrielles et marines chez Forecast International, spécialisé dans les petites turbines à gaz et les microturbines.

## Mise en œuvre d'un programme de systèmes de tuyauterie couverts ASME

Une tuyauterie de centrale d'une taille nominale de quatre pouces ou plus et transportant de la vapeur ou de l'eau fonctionnant à plus de 750F ou 1025 psi est considérée comme un «système de tuyauterie couverte». Cela signifie que la société exploitante doit établir un programme pour évaluer la tuyauterie et s'assurer qu'il est à la hauteur des normes. Les ingénieurs d'usine, le personnel de gestion, d'exploitation et de maintenance doivent comprendre le code et savoir comment se conformer à ses exigences.

Dans le passé, les inspections de tuyauterie de générateur de vapeur à récupération de chaleur (HRSG) étaient souvent classées comme inspections de tuyauterie «à haute énergie» et mettaient principalement l'accent sur les tuyauteries de vapeur. Cependant, le code B31.1 «Power Piping» de la Société américaine des ingénieurs en mécanique (ASME) définit les exigences relatives aux plans de maintenance de la tuyauterie. Le code stipule que tout système de tuyauterie dont la taille nominale de tuyau est de quatre pouces ou plus et qui transporte de la vapeur ou de l'eau et dont le fonctionnement est supérieur à 750F, ou supérieur à 1 025 psi, est considéré comme un «système de tuyauterie couverte» (CPS). Les zones définies dans les systèmes de tuyauterie couverts comprennent au minimum les systèmes de vapeur principale, de vapeur de

réchauffage à chaud, de vapeur de réchauffage à froid et de chaudière pour chaudière. Le code exige également que les systèmes de tuyauterie couverts soient évalués par la société exploitante en utilisant un programme établi dans lequel toute la documentation pertinente à l'état de la tuyauterie de la centrale est conservée.

La partie CPS du code ASME a été développée après plusieurs incidents de sécurité notables survenus sur des systèmes de tuyauterie couverts. Une tuyauterie à haute énergie en mauvais état pose un risque énorme pour la sécurité du personnel de l'usine. Il est donc essentiel que les usines et les sociétés d'exploitation accordent une priorité élevée au maintien de la tuyauterie couverte dans des conditions sûres.

Plus d'une décennie après la première inclusion du chapitre VII dans le code, les sites travaillent toujours au développement de programmes CPS. Bien que le code comporte trois pages consacrées aux systèmes de tuyauterie recouverts et qu'un système de référence relativement robuste figure dans l'Annexe V non obligatoire, le code laisse néanmoins de nombreux domaines qui doivent être évalués par la centrale sur la base d'analyses, de contrôles et de décisions techniques.

Avec ces exigences en place, la question des ingénieurs de la centrale, de la direction, du personnel d'exploitation et de la maintenance est la suivante : Que dois-je faire pour que mon unité fonctionne en toute sécurité et dans le respect du code ?

### Développement de programme spécifique à un site

Afin de s'assurer que les sites sont conformes au code et que chaque aspect du code a été pris en compte pour les systèmes de tuyauterie couverts, les directeurs de site doivent développer un programme CPS spécifique à chaque site. Cela peut prendre la forme d'une procédure spécifique à un site ou d'une politique d'entreprise, mais chaque composant de l'installation relevant du domaine couvert par le code doit être pris en compte.

Le code contient six paragraphes qui aident à établir les directives appropriées pour utiliser ces systèmes. Avoir un document officiel pour un programme CPS est le moyen le plus sûr de s'assurer que toutes les exigences du code sont prises en compte. Ce document devrait couvrir la portée organisationnelle, y compris les rôles et responsabilités, la fréquence des inspections et les

exigences en matière de documentation, ainsi que les aspects techniques du plan, y compris l'analyse, les inspections et autres évaluations.

**ASME B31.1 Chapitre VII, paragraphe 139 : Procédures d'exploitation et de maintenance.** Le code exige que la société exploitante dispose d'un ensemble de procédures écrites d'exploitation et de maintenance garantissant un fonctionnement sûr du CPS. Ces procédures doivent inclure des éléments garantissant que la tuyauterie fonctionne dans les limites de conception. Il est également étendu pour inclure des protocoles permettant de conserver des enregistrements pour des éléments spécifiques et d'effectuer des évaluations sur l'unité.

La plupart des usines ont déjà mis en place des procédures pour garantir la sécurité de la tuyauterie. Ces procédures peuvent être réécrites, éditées ou complétées pour répondre aux exigences énumérées au paragraphe 139. L'ajout de procédures supplémentaires dans le document de programme CPS pour couvrir le protocole d'évaluation et de documentation de la CPS est un moyen rentable de garantir la conformité au code ASME et de suivre les meilleures pratiques de l'industrie.

Lors de l'élaboration d'un document de programme, les usines doivent examiner les procédures et la documentation existantes. Les documents du programme peuvent faire référence aux procédures existantes en matière de maintenance et d'exploitation pour garantir que tous les éléments pertinents sont facilement référencés en cas d'audit ou de demande d'assurance.

**ASME B31.1, chapitre VII, paragraphe 140 : Évaluation de l'état de la CPS.** La section sur l'évaluation de l'état énonce des directives strictes concernant ce qui doit être consigné dans le rapport d'évaluation, mais elle donne très peu d'indications sur la fréquence et la portée de ces évaluations. L'Annexe V non obligatoire donne des informations supplémentaires sur les pratiques recommandées pour ces évaluations, mais les intervalles et l'étendue des inspections dépendent entièrement de l'installation.

Lors de l'élaboration du document de programme CPS d'une usine, les responsables peuvent définir la portée du programme, s'assurer que le système de tuyauterie couvert est correctement défini et identifier les composants à inclure. Les intervalles d'inspection pour différentes parties de l'évaluation varieront

probablement en fonction du composant, des conditions de fonctionnement et des résultats des évaluations précédentes.

Lors de la création du document de programme, des directives pour la détermination des intervalles devraient être établies. Par exemple, la meilleure pratique actuelle du secteur consiste à effectuer des visites répétées des supports de tuyauterie au moins une fois par an pendant le fonctionnement de l'unité. Pour les tuyauteries présentant un risque pour la sécurité (par exemple, près d'une passerelle), l'exploitant peut choisir de fixer des limites de contrôle bien établies, telles que les intervalles de contrôle des tuyauteries identifiées comme présentant un risque pour la sécurité ne doit pas dépasser cinq ans.

**ASME B31.1 Chapitre VII, Paragraphe 141: Enregistrements CPS.** La section des enregistrements du code décrit tous les enregistrements qui doivent être conservés pendant toute la durée de vie du système de tuyauterie. Si une usine ne dispose pas d'un bon système de stockage de la documentation, cela pourrait présenter un défi.

C'est généralement un problème dans les usines où la société exploitante a changé plusieurs fois et où les enregistrements ne sont pas transmis d'une société exploitante à une autre. Les enregistrements à conserver pour le système incluent les procédures, les dessins, l'historique des articles, l'historique des opérations, les enregistrements de modification et de réparation, ainsi que toute analyse de défaillance effectuée sur le système.

S'il n'y a pas de dessins précis des systèmes de tuyauterie, des dessins doivent être développés. De plus, si l'usine est incapable de localiser les enregistrements de matériau pour les systèmes de tuyauterie, les responsables doivent envisager de vérifier systématiquement l'état de chaque composant du système avec une identification positive du matériau, une dureté ou une réplique au cours des plusieurs pannes suivantes (Figure 1). Il est difficile de hiérarchiser les inspections sans un enregistrement de base des matériaux sur les composants.



1. Identification matérielle positive. Les travailleurs sont montrés ici en train de préparer une soudure pour obtenir des lectures de réplication et de dureté. Gracieuseté de HRST Inc.

Un système de stockage des enregistrements devrait être développé pour le CPS. Qu'il s'agisse d'un système de conservation d'archives physique, numérique ou hybride, l'emplacement des documents requis pour le programme CPS doit être référencé dans le document du programme CPS. Le fait de disposer d'un emplacement spécifique pour archiver ou stocker électroniquement les analyses et les rapports d'évaluation non destructifs (NDE) effectués sur le système permet de conserver un historique précis.

Il a été noté qu'avoir un système de documentation «vivant», tel qu'une base de données ou un enregistrement continu, est utile pour la tenue et l'analyse des enregistrements. Un exemple est un enregistrement de système de support de tuyauterie, dans lequel un enregistrement vivant de chaque lecture de suspension ultérieure aide à identifier les changements au fil du temps.

**ASME B31.1, chapitre VII, paragraphe 142 : programme de maintenance des canalisations et supports de conduites et exigences en matière de personnel.** Le paragraphe 142 stipule que seul un personnel qualifié accomplit des tâches spécifiques. Cela comprend l'exécution du programme, les tâches d'exploitation et de maintenance, ainsi que l'examen des enregistrements et des rapports de défaillance. Les décisions concernant les actions correctives et les intervalles d'inspection doivent également être prises par du personnel qualifié. Il stipule également que le personnel NDE, de soudage et de traitement thermique doit être qualifié conformément aux parties pertinentes du code ASME.

Pendant le développement du programme, les usines doivent spécifier quel personnel occupe quels rôles et quelles responsabilités au sein du programme. Les gestionnaires peuvent vouloir organiser une formation pour le personnel effectuant des tâches liées au programme. Tous les documents relatifs à la formation doivent également être conservés, stockés et référencés dans le document du programme.

**ASME B31.1 Chapitre VII, paragraphe 145 : Exigences de dégradation des matériaux.** Le code exige une attention particulière sur les matériaux opérant dans la plage de fluage. Lors du développement du programme CPS, toutes les sections de la tuyauterie doivent être analysées pour déterminer si elle fonctionne dans le régime de fluage. Le régime de fluage dépend de la température de fonctionnement et du matériau de chaque composant.

Pour les composants susceptibles de provoquer des dommages dus au fluage, un programme d'inspection hiérarchisé doit être élaboré. La priorisation devrait inclure une analyse des températures et des pressions de fonctionnement ; contraintes sur le matériau en fonction de la géométrie, du chargement ou du cycle ; risque de sécurité du composant en cas de défaillance ; et les résultats d'éventuels examens ou analyses NDE. Le système doit être réévalué à des intervalles définis, lorsque de nouveaux résultats NDE sont notés ou lorsque des modifications de fonctionnement se produisent dans le système. Lors de l'évaluation, les composants peuvent être redéfinis les priorités afin de s'assurer que les zones les plus à risque sont évaluées à des intervalles appropriés.

**ASME B31.1 Chapitre VII, Paragraphe 146 : Chargement dynamique.** Les événements dynamiques, définis au paragraphe 140 (J), doivent être surveillés. Cela inclut tout événement produisant des preuves visuelles de déformation ou de dommage, notamment les coups de bélier, les marteaux à vapeur et autres événements thermo-hydrauliques. Chaque fois qu'un événement se produit, les conditions qui l'entourent doivent être documentées, ainsi que la nature et l'emplacement de tout changement. L'usine peut également envisager d'enquêter sur la cause de l'événement dynamique ainsi que sur l'état des matériaux après l'événement.

Une analyse des contraintes doit être effectuée sur les composants si les supports ont été affectés. Toute analyse ou résultat d'analyse non destructive doit être inclus dans la documentation de la CPS. De plus, des

actions correctives doivent être mises en œuvre, enregistrées et surveillées pour garantir que l'événement ne se reproduise plus.

## Évaluations CPS

Une fois que les programmes ont été développés par les usines, les responsables doivent effectuer des évaluations de l'état des équipements à intervalles réguliers. Les évaluations consistent en une inspection du support de conduite dans les positions chaude et froide, ainsi que des évaluations non destructives ciblées et une analyse des composants à risque dans le système, déterminées par l'analyse du mécanisme de défaillance achevée lors du lancement du programme. Les intervalles d'inspection sont déterminés par les analyses et les données précédentes.

La portée de chaque évaluation est à la discrétion de l'usine. Dans de nombreux cas, la portée de l'inspection est limitée par le budget d'inspection, car de nombreuses zones de tuyauterie nécessitent un échafaudage important et un enlèvement d'isolant pour pouvoir accéder.

La première étape de la détermination de la portée de l'évaluation consiste à créer une liste des lieux d'inspection hiérarchisée en fonction du risque de défaillance, de l'analyse des contraintes, de l'historique des opérations et des défaillances, et de la sécurité. Toute zone présentant un problème immédiat d'échec doit être inspectée dès que possible.

Une fois les préoccupations immédiates résolues, les usines peuvent inspecter les composants par ordre de priorité, en fonction du budget disponible. Après chaque évaluation, les résultats doivent être analysés. Les priorités peuvent être classées et les intervalles d'inspection ajustés pour chaque composant en fonction des résultats.

La préparation de la surface est importante pour les inspections NDE CPS (Figure 2). Pour les tests aux ultrasons, il est important de brancher le capuchon de la soudure pour obtenir des informations précises à l'endroit où un fluage sous-marin est susceptible de se produire. Si la dureté et les répétitions sont également effectuées, la surface doit être préparée avec une finition 120 grains pour assurer des résultats précis. Une mauvaise préparation de la surface peut masquer les signes de dommages dus au fluage et empêcher des mesures précises de la dureté. Pour une inspection

significative, une préparation de surface correcte est requise.



2. Prêt pour les tests. Une préparation correcte de la surface est essentielle pour effectuer des évaluations non destructives. Gracieuseté de HRST Inc.

## Inspections de sous-traitance

HRST a développé un programme CPS robuste pouvant répondre aux besoins de chaque client en matière de CPS. L'élaboration du document de programme suit toutes les étapes décrites ci-dessus, en commençant par définir la portée du programme CPS et en examinant les documents connexes. Ensuite, HRST évalue les mécanismes de défaillance pouvant être actifs dans le système en fonction des données de fonctionnement réelles et d'un examen des événements historiques. Le processus aide HRST à hiérarchiser les lieux d'inspection lors de la prochaine évaluation.

HRST offre également des services aux clients qui fournissent une évaluation approfondie de l'état. Dans le cadre de l'évaluation de l'état, HRST effectue un examen approfondi de la conception de la tuyauterie, des données d'exploitation et de l'historique des opérations. Ceci est associé à une inspection visuelle des supports de tuyau dans les positions à chaud et à froid. Les informations recueillies sont ensuite utilisées pour déterminer l'impact des mécanismes de dégradation des métaux tels que le fluage, la fatigue, la graphitisation, la corrosion accélérée par les écoulements et la corrosion sous isolation sur les tuyauteries.

Une liste des emplacements critiques de la tuyauterie est établie à partir de l'évaluation, puis une NDE est effectuée. Des recommandations de réparation ou de remplacement sont fournies à la fin de l'inspection de la NDE. Le résultat de cette évaluation est un document détaillant l'état de la tuyauterie, qui peut ensuite être

mis à jour avec les conclusions des inspections futures. Ce document peut ensuite être utilisé comme historique du système de tuyauterie, de son état et de toute réparation ou modification apportée. HRST fournit également un classement des composants et offre des éléments à prendre en compte pour la planification de l'évaluation future de l'état, y compris des facteurs tels que la sécurité, les risques et le coût des échafaudages et le retrait de l'isolation.

Pour les clients qui préfèrent effectuer leur analyse CPS en interne, HRST propose une inspection CPS dans laquelle il effectue des inspections de support de tuyauterie dans les positions chaudes et froides, et fournit les résultats NDE pour les sites spécifiés par une usine sous forme d'additif à ses rapports d'inspection HRSG ou de document autonome. Les clients peuvent ensuite utiliser les informations dans le cadre de l'analyse et de la planification internes de la DPC.

—Madeline Fink est ingénieure en matériaux à HRST Inc.  
([www.hrstinc.com](http://www.hrstinc.com)).

## Trois choses que les professionnels de la sécurité ICS peuvent faire pour maximiser la disponibilité

Avant que les systèmes de contrôle industriels (ICS) ne soient connectés à un réseau, les opérateurs n'avaient plus à s'inquiéter des cyber-menaces. Mais à mesure que les environnements industriels, tels que les services publics d'énergie, deviennent de plus en plus connectés, ils sont exposés à des vulnérabilités et à des attaques. Les systèmes industriels sont utilisés dans de nombreuses infrastructures critiques, notamment le réseau électrique, les systèmes de transport et les usines de traitement des eaux usées.

### Comment les attaques ICS fonctionnent et combien elles coûtent

La plupart des cyberattaques industrielles ne sont pas initiées directement contre le SCI, mais exploitent les faiblesses d'autres systèmes ou périphériques pour obtenir un point d'entrée dans le réseau de contrôle des processus. À partir de là, les attaquants se déplacent latéralement au sein du réseau de contrôle pour aller après les automates de processus (PLC) ou les systèmes de contrôle distribués (DCS). En tant que tels, les principales cibles des réseaux industriels sont les

périphériques exécutant des systèmes d'exploitation et des bases de données commerciaux, tels que Microsoft Windows, Linux, Microsoft SQL Server et Active Directory, que les attaquants utilisent pour acquérir une empreinte initiale sur le réseau industriel. Ces systèmes exécutent des applications de contrôle de supervision et d'acquisition de données (SCADA), des applications de système d'exécution de fabrication (MES), des postes de travail d'ingénierie, des historiens et des interfaces homme-machine (HMI).

Les violations de la sécurité peuvent donner aux pirates informatiques l'accès aux SCI pour un gain monétaire et intellectuel, mais ce n'est pas le seul risque. Dans certains cas, les intrus peuvent causer des dommages physiques aux plantes et nuire aux employés. Une autre source d'inquiétude pour les opérateurs de systèmes ICS est le risque de temps d'arrêt en raison de ses répercussions financières. Les temps d'arrêt peuvent coûter aux entreprises 100 000 dollars par heure ou plus.

### Pourquoi la sécurité ICS est-elle une si grosse affaire en ce moment?

S'il semble que la sécurité ICS soit un sujet que vous voyez partout, c'est que les opérateurs industriels se retrouvent en train de se démener pour éteindre un certain nombre d'incendies métaphoriques. Outre la connectivité accrue qui rend ICS plus attrayant pour les cybercriminels, il existe quelques autres moyens par lesquels les environnements industriels éprouvent des difficultés croissantes.

Convergence IT-OT. Au cours des cinq dernières décennies, la technologie opérationnelle a adopté des systèmes de technologie de l'information (TI) pour améliorer l'efficacité. Au cours des deux dernières décennies, toutefois, cette adoption s'est accélérée. Les réseaux sans fil, par exemple, ont mis moins de 10 ans à être adoptés de l'IT en OT. Cette période d'adoption deviendra de plus en plus petite au cours de la prochaine décennie.

Non seulement la technologie a convergé, mais également la responsabilité du personnel, en particulier en ce qui concerne la cybersécurité industrielle. Les technologies de l'information traitent de la cybersécurité

depuis plus de 20 ans, alors qu'il s'agit d'un défi relativement nouveau pour OT. En tant que tel, de plus en plus de personnel informatique assume la responsabilité de la cybersécurité pour OT, même s'ils ne comprennent peut-être pas parfaitement les différents besoins opérationnels d'un réseau industriel.

La montée de la réglementation. Les industries du monde entier sont obligées de se conformer aux réglementations en matière de cybersécurité, telles que les normes de protection des infrastructures critiques de la North American Electric Reliability Corp (protection des infrastructures critiques) pour les services publics nord-américains. Des directives telles que la norme ISA-99 de la International Society of Automation, la norme IEC 62443 de la Commission électrotechnique internationale et le NIST 800-82 du National Institute of Technology and Technology obligent également les opérateurs à démontrer qu'ils adhèrent aux meilleures pratiques en matière de cybersécurité.

À mesure que ces réglementations sont mises en œuvre, les exploitants d'ICS doivent fournir des preuves prêtes à l'audit pour prouver la conformité aux réglementations. Maintenir une preuve de conformité à l'aide de méthodes de suivi manuelles étant quasiment impossible compte tenu de la taille et de la complexité des environnements ICS, les opérateurs se tournent vers des solutions de conformité automatisées qui préservent la configuration de leurs systèmes à tout moment. Après tout, l'échec d'un audit peut être dévastateur.

### Trois choses que tous les opérateurs ICS devraient faire

Pour réduire la surface d'attaque d'un ICS et s'assurer qu'il récupère le plus rapidement possible après les temps morts redoutés, les opérateurs ICS doivent utiliser des outils de surveillance continue, d'évaluation de la vulnérabilité et de gestion des journaux.

**Contrôle continu.** De nombreux opérateurs ICS manquent de visibilité sur ce qui se passe sur leurs périphériques, tels que les commutateurs, les routeurs et les pare-feu - une tâche difficile à surveiller. Toutefois, pour rendre les choses plus difficiles, les périphériques connectés au réseau, tels que les

serveurs exécutant des applications SCADA ou MES, des stations de travail d'ingénierie, des historiens de données, des périphériques Ethernet intelligents et des automates, doivent également être surveillés. Des modifications de configuration non autorisées ou inattendues à des actifs tels que ceux-ci peuvent passer inaperçues jusqu'à ce qu'il soit trop tard.

La surveillance continue consiste à utiliser la gestion de la configuration de la sécurité (SCM) pour détecter chaque changement important intervenant dans le système de sécurité Internet. Les modifications à surveiller peuvent avoir lieu dans les fichiers, les ports et services en cours d'exécution ouverts, le schéma de base de données, les configurations de périphérique réseau et les configurations Active Directory. Afin de suivre les changements importants qui pourraient indiquer des risques potentiels plus élevés, une base de référence sécurisée doit d'abord être établie pour la mesurer. Pour ce faire, recherchez un outil de sécurité optimisé spécifiquement pour les systèmes de stockage intégrés, qui place SCM au premier plan.

**Évaluation de la vulnérabilité.** La correction des vulnérabilités connues est fondamentale pour la santé d'un système de sécurité Internet. Cela signifie que les utilisateurs finaux doivent comprendre quels actifs sont exposés aux vulnérabilités révélées par les principaux fournisseurs d'automatisation, tels que Rockwell, Siemens, ABB et Honeywell, ainsi que par l'équipe ICS-CERT (Industrial Control Systems Cyber Emergency Readiness Team). Les opérateurs ICS doivent prendre l'habitude d'identifier et de classer les vulnérabilités publiées émanant de fournisseurs ou d'organisations chargées d'identifier et de communiquer les activités liées à la cybersécurité.

Pour ce faire, la meilleure solution consiste à utiliser un outil qui automatise le processus en identifiant les systèmes, les réseaux et les applications s'exécutant dans un environnement, puis en leur corrigeant les vulnérabilités connues. Recherchez un scanner réseau qui recherchera les périphériques, déterminera son statut et son fonctionnement, puis signalera les vulnérabilités applicables à ce périphérique.

**Gestion des journaux.** De nombreux périphériques sur le SCI peuvent envoyer des journaux. Ces journaux contiennent des informations sur le fonctionnement du réseau, sur les éventuels problèmes de perturbation opérationnelle et sur les événements de sécurité tels qu'un certain nombre de connexions infructueuses. Mais sans outil de gestion des journaux, ces données ne sont pas exploitables.

La gestion des journaux permet de collecter des journaux à partir de différents types d'actifs (tels que des serveurs, des applications, des périphériques réseau, des pare-feu et des bases de données) dans un référentiel central pouvant être utilisé pour des analyses judiciaires. La gestion des informations sur les événements de sécurité amène la gestion des journaux à un autre niveau en permettant de corréliser différents types d'événements de journal provenant de plusieurs sources afin de déterminer si les événements peuvent être liés.

Pour éviter les temps d'arrêt, il est nécessaire de doter les systèmes de sécurité intégrés avec des outils de surveillance continue, d'évaluation des vulnérabilités et de gestion des journaux. Ce sont les stratégies fondamentales nécessaires pour mesurer votre posture de sécurité ICS afin de réduire la surface d'attaque face aux menaces potentielles et d'identifier les indicateurs précoces de compromission.

—Gabe Authier est chef de produit chez Tripwire.

## Meilleures pratiques pour le soudage critiques des centrales électriques

*Des techniques de soudage innovantes peuvent produire des joints toujours de meilleure qualité. Des alliages spéciaux, un traitement thermique approprié avant et après le soudage et des procédures de soudage appropriées peuvent tous aider à prévenir une défaillance catastrophique des systèmes critiques pour la sécurité.*

La montée en puissance prévue de nouvelles centrales de production d'électricité et la modernisation de systèmes dans le monde au cours des deux prochaines décennies offriront des opportunités exceptionnelles au

secteur de la fabrication. Les récents développements innovants dans les équipements de soudage vont soutenir la volonté de produire des joints de meilleure qualité, dont beaucoup appartiennent à la catégorie des produits critiques pour la sécurité.

Selon l'Association nucléaire mondiale, 335 réacteurs nucléaires ont été proposés dans le monde en août 2018, dont 136 en Chine, 28 aux États-Unis et 22 en Russie. Le programme énergétique nucléaire indien retardé à grande échelle devrait connaître une résurrection après qu'Électricité de France (EDF), la plus grande compagnie d'électricité au monde, ait décidé de construire six réacteurs nucléaires dans le pays ; 22 autres réacteurs ont également été proposés. Le projet indien Jaitapur devrait devenir le plus gros contrat nucléaire au monde et l'un des plus grands sites nucléaires au monde - près de 10 GW.

Les groupes électrogènes fonctionnant aux combustibles fossiles devraient également jouer un rôle majeur dans la demande mondiale croissante en électricité. Selon l'Agence internationale de l'énergie, environ 1 000 GW de nouvelles centrales au charbon seront construites dans les 20 prochaines années. La moitié d'entre eux se trouveront en Chine, mais il existe également d'importants programmes de construction neuve en Afrique du Sud et en Inde. La plupart des installations mondiales au charbon existantes sont anciennes et des programmes de maintenance devront être mis en œuvre, éventuellement associés à la mise en place de systèmes de captage et de stockage du carbone.

Tous les programmes impliquent une fabrication extensive de tubes et tuyaux en acier, dont le soudage présente des défis particuliers.

### Matériel requis

Les aciers inoxydables sont largement utilisés dans la construction de centrales nucléaires, principalement pour leur résistance à la corrosion. Les parties centrales et secondaires de la plupart des types de réacteurs actuellement en service, y compris les réacteurs à eau sous pression, les réacteurs à eau bouillante, les réacteurs avancés à refroidissement par gaz et les réacteurs à neutrons rapides, sont construites en acier

inoxydable, tout comme les usines de retraitement et les réacteurs de recherche. Le secteur du déclassement et du stockage des déchets nucléaires est également un utilisateur de choix d'acier inoxydable de haute qualité pour différents types de conteneurs de transport ou de stockage et de boîtes pour les déchets de faible à haute activité.

Les pressions et températures élevées utilisées dans les circuits de production de vapeur nécessitent l'utilisation d'aciers résistant au fluage, tels que ceux à base d'alliages chrome / molybdène / vanadium. Ces matériaux offrent une résistance améliorée à l'oxydation et à la corrosion ainsi qu'une résistance élevée. Ils sont largement utilisés dans les centrales à combustibles fossiles et nucléaires.

Les exigences strictes imposées par les procédures de soudage traduisent l'exigence de qualité de tous ces joints critiques pour la sécurité. Néanmoins, certaines pratiques de soudage peuvent entraîner des réductions significatives de la résistance à la corrosion et de la résistance mécanique.

### Soudage des tuyaux de vapeur haute pression et des aciers inoxydables.

Certains alliages d'ingénierie sont sujets aux fissures lors du soudage. Les secteurs industriels confrontés à ce problème sont principalement ceux de la production d'électricité. Les matériaux comprennent des aciers faiblement et moyennement alliés spécialement développés pour leur haute résistance. Les métallurgistes ont appris que le chauffage des joints avant et après le soudage (préchauffage et post-chauffage) peut réduire considérablement la sensibilité à la fissuration. Ces processus impliquent des températures d'environ 200 ° C (392F), bien que des températures beaucoup plus élevées puissent être nécessaires pour certains matériaux.

Le SA213 T91 ou le SA335 P91 est un exemple d'alliage couramment utilisé bénéficiant de ce traitement. Il s'agit d'un acier allié ferritique qui répond aux conditions de résistance au fluage requises dans les installations de production de vapeur à haute température. Le matériau - souvent simplement appelé P91 - a été utilisé avec succès au cours des deux

dernières décennies pour le service de centrales électriques.

Le soudage des tuyaux est un procédé largement utilisé lors de la fabrication. Cela affecte la microstructure. Le préchauffage, le maintien de la température entre les passes et les procédures de traitement thermique après soudage sont très critiques pour le P91 et les alliages similaires. Le non-respect de ces procédures peut entraîner des pannes catastrophiques en service. Parmi les autres alliages ferreux résistants au fluage et aux températures élevées nécessitant ce type de traitement thermique, citons les normes ASTM A389 Grade C24, A356 Grade 9, DIN 21CrMoV5-11, 15CrMoV5-10, GS-17CrMoV511, EN G17CrMoV5-10 et GE B50A224.

Les procédés de soudage préférés dans ce type de fabrication sont le soudage à l'arc sous gaz tungstène (GTAW) et le soudage à l'arc sous métal (GMAW), qui offrent une protection de la zone de fusion supérieure exposée. Le joint autour du sous-cordon doit cependant être protégé simultanément en purgeant l'air qui pourrait être en contact avec ce sous-cordon, appelé soudure de racine, protégeant ainsi le métal exposé en utilisant une enveloppe de gaz inerte.

Pour satisfaire aux exigences de la purge au gaz inerte lorsque des températures supérieures à 200 ° C sont impliquées, il est nécessaire d'utiliser des systèmes de purge capables de résister à ces températures tout au long des cycles de chauffage et de soudage. Les cycles thermiques typiques peuvent durer plus de deux heures et il peut être nécessaire de maintenir le système de purge en place tout au long.

Des produits de purge spécialement conçus ont été conçus au cours des cinq dernières années, capables de résister aux températures impliquées tout en conservant d'excellentes caractéristiques d'étanchéité aux gaz. Ils sont également suffisamment robustes pour survivre aux applications à usages multiples. Il existe des systèmes de purge des soudures pouvant être utilisés aux températures élevées prévalant avant et après le chauffage.

Un domaine de production qui reçoit régulièrement peu d'attention est la fabrication de tubes et tuyaux où le soudage est largement utilisé. Toutefois, à moins de



respecter les calendriers de soudage les plus stricts, non seulement une décoloration (teinte à la chaleur) aura lieu, mais la résistance à la corrosion peut également être considérablement réduite.

## Mécanismes de Corrosion

Les aciers inoxydables doivent leur résistance à la corrosion à la formation d'une très fine couche superficielle (5–10 millimètres [mm]) transparente d'oxyde de chrome. Cela fournit un film passif qui agit comme une barrière à la pénétration par un environnement invasif. Lorsqu'il est chauffé à une température élevée en présence d'oxygène, l'épaisseur de ce film augmente jusqu'à devenir visible - la couleur devient plus sombre avec l'augmentation de l'épaisseur du film.

Lorsque l'épaisseur du film est critique, le film devient instable et commence à se décomposer. Les zones fracturées créées offrent des sites pour la corrosion localisée. Quatre mécanismes principaux sont impliqués : la corrosion des fissures, la corrosion par piqûre, la fissuration par corrosion sous contrainte et la corrosion induite par microbiologie (MIC).

**Corrosion des crevasses.** La corrosion localisée d'une surface métallique peut être attribuée à la proximité d'un autre métal tel qu'une soudure (Figure 1). Il s'agit d'un type de corrosion accéléré localement et l'un des principaux risques de corrosion des aciers inoxydables.



1. Corrosion localisée. Cette image montre une corrosion fissurante adjacente à une soudure de tuyau en acier inoxydable. Gracieuseté de Huntingdon Fusion Techniques HFT

**Corrosion par piqûres.** Cela produit des attaques sous forme de taches ou de creux (Figure 2) et a lieu à des points où la couche passive pourrait être affaiblie. Il se produit dans les aciers inoxydables où l'oxydation a réduit la passivité. Une fois que l'attaque a commencé, le matériau peut être complètement pénétré en peu de temps.

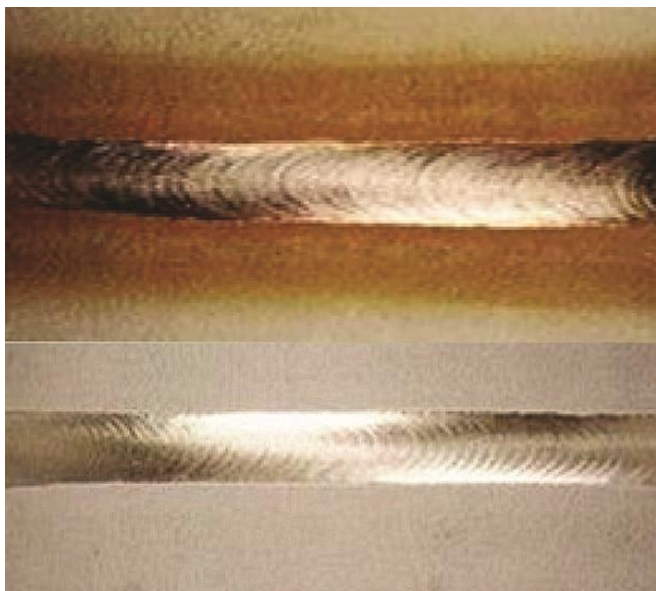


2. Ce sont les fosses. Cette image montre une pénétration importante suite à la corrosion par piqûre dans un tuyau en acier inoxydable. Gracieuseté de Huntingdon Fusion Techniques HFT

**Fissuration par corrosion.** Ceci est caractérisé par des fissures se propageant à travers ou le long des joints de grains. Il résulte de l'action combinée des contraintes de traction dans le matériau et de la présence d'un milieu corrosif. Il peut être induit dans certains aciers inoxydables par des traitements thermiques défavorables tels que ceux intervenant dans les zones affectées thermiquement par la soudure.

**Corrosion microbiologiquement induite.** La corrosion provoquée ou provoquée par des micro-organismes - généralement désignée par l'acronyme «MIC» - est courante dans les sections soudées.

Pour éviter ces formes de corrosion, il est essentiel que les teintes thermiques soient correctement éliminées avant que l'équipement ou la tuyauterie en acier inoxydable ne soit exposé à des environnements agressifs ou aqueux. L'alternative consiste à empêcher la teinte thermique lors du processus de soudage en utilisant un environnement inerte pour protéger la surface (Figure 3).



3. La teneur en oxygène affecte les résultats. Même une très faible teneur en oxygène dans les gaz protecteurs peut provoquer une décoloration de l'acier inoxydable. L'image du haut représente une soudure réalisée avec un gaz inerte ne contenant que 60 ppm (0,006%) d'oxygène, tandis que l'image du bas représente une soudure produite avec une teneur en oxygène de 20 ppm (0,002%) en tant que gaz protecteur. Gracieuseté de Huntingdon Fusion Techniques HFT

### Enlèvement de teinte thermique

Le recuit brillant ou le décapage acide peut éliminer une légère décoloration, mais des dépôts plus lourds peuvent nécessiter un usinage tel que le meulage et le polissage. L'élimination nécessite clairement l'accès à la zone en question, non seulement pour le traitement, mais également pour l'élimination des débris. Même lorsque l'accès est disponible, aucun de ces traitements n'est facile et la plupart peuvent être très coûteux.

Bien qu'il ne soit pas trop difficile de protéger la surface extérieure d'une soudure en utilisant un gaz inerte comme couverture, la prévention de l'oxydation et de la perte de résistance à la corrosion à l'intérieur est souvent négligée. La technique de protection intérieure est connue sous le nom de «purge de soudure» et utilise un gaz inerte pour chasser l'air, et donc l'oxygène, avant, pendant et après le soudage, en attendant que le joint refroidisse en dessous de sa température d'oxydation.

### Techniques de purge de soudure

Des équipements ont été développés au cours de la dernière décennie pour faciliter la purge. Les systèmes actuellement disponibles sont robustes et adaptés aux applications à usages multiples. Ils peuvent être fournis

pour couvrir la plage de taille comprise entre 152 et 2 235 mm (6 à 88 pouces).

Celles-ci sont programmées pour contrôler le débit et la pression du gaz lors du gonflage et de la purge et, une fois mises en place, elles ne requièrent qu'un peu plus d'informations de la part de l'opérateur. Les barrages sont fabriqués à l'aide de polymères techniques avancés et conviennent donc parfaitement aux oléoducs, aux gazoducs et aux usines de traitement où l'élimination de la contamination est essentielle.

La teneur en oxygène des gaz de purge peut être contrôlée à l'aide d'instruments spéciaux de surveillance de l'oxygène appelés Moniteurs de purge de soudure. Ces instruments non seulement mesurent les niveaux d'oxygène, mais inhibent également le soudage si le niveau est supérieur à une valeur de consigne prédéterminée par l'opérateur. Le logiciel d'enregistrement et d'analyse fournit des informations à des fins de contrôle de la qualité.

Même de très faibles concentrations d'oxygène dans les gaz de soudure peuvent provoquer une décoloration, une perte de résistance à la corrosion et une réduction de la résistance mécanique. Le contrôle du niveau d'oxygène dans les gaz de purge peut être affecté simplement et efficacement à l'aide de systèmes de purge intégrés modernes.

- Michael Fletcher, PhD, est le principal consultant en recherche et développement pour Huntingdon Fusion Techniques HFT ([www.huntingdonfusion.com](http://www.huntingdonfusion.com)).

**Les entreprises du secteur de l'énergie libèrent efficacité et gains environnementaux avec IIoT**

Un nouveau rapport souligne que les entreprises du secteur de l'énergie optimisent de plus en plus l'efficacité et la durabilité environnementale en utilisant les technologies de l'Internet des objets industriels.

L'étude réalisée pour le compte du groupe de communications mobiles par satellite Inmarsat révèle que les deux principaux moteurs de l'adoption de solutions basées sur IIoT dans le secteur de l'énergie sont l'amélioration de l'efficacité des ressources (61%) et la surveillance des conditions environnementales

telles que la qualité de l'air, émissions et contamination de l'environnement (54%).

La recherche a également montré que de nombreuses entreprises du secteur de l'énergie atteignent leurs objectifs de durabilité grâce à l'utilisation de IIoT: plus des deux tiers (71%) des entreprises disposant de solutions IIoT pleinement déployées ou en phase d'essai ont déclaré qu'elles amélioreraient leur durabilité environnementale.

Gary Bray, directeur de l'énergie chez Inmarsat Enterprise, a déclaré : «Le secteur de l'énergie est confronté à une multitude de défis. Son objectif est de réduire son impact sur l'environnement et de respecter des réglementations gouvernementales plus strictes, tout en faisant face à une baisse constante du prix du pétrole et à une diversification accrue. Sources d'énergie renouvelables. Nos recherches montrent que les entreprises du secteur de l'énergie adoptent l'IIoT pour les aider à atteindre ces objectifs, et que beaucoup réussissent dans cet objectif. »

Les premiers progrès signalés dans la réalisation des objectifs de durabilité ont été constatés dans la mise en œuvre de technologies facilitant la surveillance, la détection des pannes et l'efficacité opérationnelle.

Toutefois, pour que les technologies IIoT fonctionnent, l'accès à une connectivité fiable et résiliente est essentiel pour permettre la transmission constante des données afin d'optimiser les opérations. Le rapport souligne que les réseaux de communication par satellite sont essentiels, compte tenu du nombre de sociétés d'énergie implantées dans des régions isolées ou offshore, où les réseaux terrestres ne sont pas disponibles.

Bray a expliqué : «Sans les réseaux de connectivité appropriés, les déploiements IIoT ne parviendront pas à apporter les améliorations dont ils sont capables. En raison de la nature mondiale du secteur de l'énergie, les entreprises ont besoin d'une connectivité fiable pour collecter et analyser en temps réel les données essentielles à la mission de chaque secteur de leurs opérations, même si une couverture terrestre inégale complique les choses. »

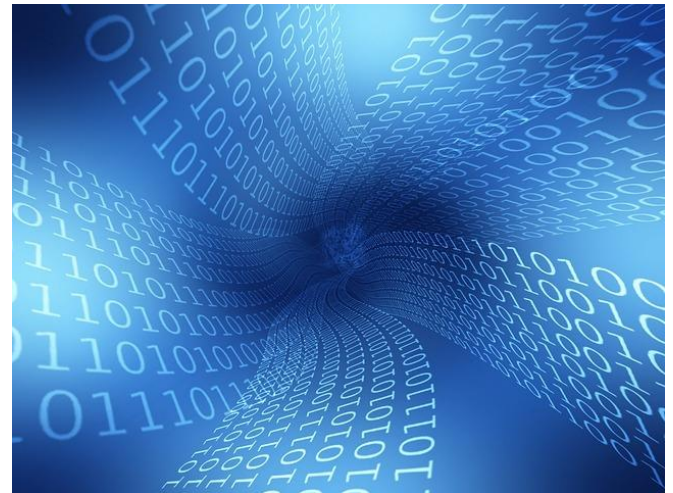
Par Martyn Williams, Directeur Général, COPA-DATA UK.

## Consolidation de la technologie dans le secteur des services publics

Bien que le secteur des services publics ait été l'un des premiers secteurs de l'industrie à numériser ses opérations dans les années 1970, les dirigeants d'entreprise ont tardé à procéder à des changements systématiques au cours des dernières années.

Lors de la COP21 en 2015, les dirigeants mondiaux ont décidé de s'unir pour limiter la hausse des températures mondiales à moins de deux degrés Celsius.

Les pressions exercées pour réduire les émissions de carbone, ainsi que le passage à des industries moins énergivores après la récession, ont entraîné une augmentation de la demande de nouvelles offres d'énergie et de services publics dans le monde entier.



Les combustibles fossiles représentent actuellement 82% de la consommation d'énergie primaire dans le monde, mais à mesure que les gouvernements commencent à réglementer étroitement cette utilisation et que la production d'énergie renouvelable est en augmentation, les services publics doivent évoluer.

Cela présente plusieurs opportunités de croissance pour le secteur des services publics d'intégrer des services supplémentaires dans leur portefeuille. Cependant, l'un des plus grands défis des entreprises de services publics est l'intégration des technologies nouvelles et émergentes dans leurs modèles commerciaux.

Les services publics doivent commencer par évaluer leurs systèmes et infrastructures actuels par rapport à leurs objectifs commerciaux. Chez Novotek, nous avons constaté que de nombreux utilitaires utilisent des équipements hérités ou des systèmes disparates

provenant d'un large éventail de fournisseurs qui, souvent, ne sont pas synchronisés avec les autres opérations de l'usine.

Alors que les investissements mondiaux dans les infrastructures électriques numériques et les logiciels peuvent avoir augmenté de plus de 20% par an depuis 2014, les services publics en particulier doivent progresser plus rapidement. En modernisant et en consolidant les systèmes existants d'une installation, les entreprises peuvent obtenir un retour sur investissement significatif.

Comme les données proviennent d'un large éventail de sources, la consolidation permet aux organisations de présenter les données plus facilement, tout en facilitant une analyse efficace des données. Les techniques de consolidation des données réduisent les inefficacités telles que la duplication des données, les coûts liés à la dépendance à plusieurs bases de données et à plusieurs points de gestion des données.

À l'heure actuelle, le secteur des services publics est fortement fragmenté à la suite de décennies d'externalisation en silos fonctionnels et géographiques supplémentaires. Avec les technologies actuelles, telles que le logiciel Predix Plant Applications de GE Digital, qui fait partie de la suite MES (Predix Manufacturing Execution System), les utilitaires peuvent désormais gérer des centaines de périphériques et d'équipements fonctionnant simultanément dans plusieurs sites. l'ensemble du portefeuille d'un système en temps réel.

En combinant apprentissage prédictif et analyse avancée, la technologie peut aider les gestionnaires de services publics à passer d'un modèle opérationnel réactif à un modèle opérationnel proactif et normatif.

Cela est dû au fait que les applications de l'installation permettent aux responsables d'installation d'analyser et de configurer les informations tirées des données collectées, de prendre des décisions commerciales éclairées et d'établir de nouveaux processus non fragmentés, afin d'améliorer d'autres domaines de l'activité, tels que la réduction des déchets.

D'ici 2025, l'analyse des données constituera un élément essentiel pour aider les services publics à prendre des décisions commerciales clés. En consolidant divers processus et en intégrant des technologies d'automatisation, les services publics peuvent optimiser leurs opérations pour améliorer considérablement les performances et conserver un avantage concurrentiel.

Sean Robinson est responsable des services chez Novotek UK et en Irlande, fournisseur de systèmes de contrôle des services publics.

Par Sean Robinson, Novotek au Royaume-Uni et en Irlande.

## Calendrier d'événements

### Power-Gen International

<b>Date/heure de l'événement</b>	<b>4-6 Décembre 2018</b>
<b>Description</b>	Présentant une grande variété de produits et de services, POWER-GEN International représente un regard horizontal sur l'industrie en mettant l'accent sur de nouvelles solutions et innovations de l'avenir.
<b>Emplacement</b>	Orange County Convention Center Orlando, FL États-Unis
<b>Plus d'informations</b>	Site Web: <a href="http://www.power-gen.com">www.power-gen.com</a> Organisateur : Pennwell Corp. Téléphone : +44 (0) 1992 656 615 Email : <a href="mailto:leec@pennwell.com">leec@pennwell.com</a> Site Web: <a href="http://www.pennwell.com">www.pennwell.com</a>

### Middle East Electricity

<b>Date/heure de l'événement</b>	<b>5-7 Mars 2019</b>
<b>Description</b>	Middle East Electricity est le plus grand événement mondial dans le domaine de la production, du transport et de la distribution. Middle East Electricity est le plus grand lieu de rencontre pour les professionnels du secteur de l'énergie de plus de 100 pays du monde. Si vous êtes impliqué dans le sourcing, l'installation ou l'achat de produits / services pour les secteurs de l'énergie, de l'éclairage, des énergies renouvelables ou du nucléaire, Middle East Electricity est l'événement à ne pas manquer pour vous.
<b>Emplacement</b>	Dubai, Émirats Arabes Unis
<b>Plus d'informations</b>	Organisateur Exhibition Design & Management Téléphone : 971-52-53177-88 Email: <a href="mailto:uae@exporoad.com">uae@exporoad.com</a> Site web: <a href="http://www.exhibitionstand.contractors">www.exhibitionstand.contractors</a> <a href="https://www.middleeastelectricity.com">https://www.middleeastelectricity.com</a>

### Corrosion 2019

<b>Date/heure de l'événement</b>	<b>24-28 Mars 2019</b>
----------------------------------	------------------------

<b>l'événement</b>	
<b>Description</b>	Le congrès et salon sur la corrosion de NACE International est le plus grand événement au monde consacré à la prévention et à la réduction de la corrosion. L'événement le plus important de l'industrie, il accueille chaque année plus de 6 000 professionnels de la corrosion du monde entier.
<b>Emplacement</b>	États-Unis
<b>Plus d'informations</b>	Organisateur : NACE International Téléphone : +44 (0) 1992 656 615 Nashville Music City Center Nashville, TN États-Unis Site Web: <a href="http://www.nacecorrosion.org">www.nacecorrosion.org</a>

#### Source

[www.powermag.com](http://www.powermag.com)  
[www.turbomachinerymag.com](http://www.turbomachinerymag.com)  
<https://diesलगasturbine.com/>  
[www.powerengineeringint.com](http://www.powerengineeringint.com)

La structure stratégie et veille assurent la veille stratégique (technologique, normative, concurrentielle, réglementaire ...) au sein de la société algérienne de production d'électricité, pour plus de détails, veuillez contacter [guenniche.hamza@spe.dz](mailto:guenniche.hamza@spe.dz)

**Pensez à l'environnement. Imprimez ce document seulement si vous en avez vraiment besoin.**

**SPE - Novembre 2018 -**