

Installation de production d'électricité pour l'EPR Les solutions développées par Alstom

Patrick Ledermann

Convention SFEN du 12 mars 2009

Les Réalisations et leur particularités - Installation de production d'électricité

ALSTOM

Installation de production d'électricité Agenda

ALSTOM

- 1. Introduction
- 2. Des solutions technologiques
- 3. Des solutions industrielles
- 4. Conclusions

Convention SFEN 2009- Alstom – 12/3/09 - P 2

© ALSTOM 2009. All rights reserved. Information contained in this document is provided without liability for information purposes only and is subject to change without notice. No representation or warranty is given or to be implied as to the completeness of information or fitness for any particular purpose. Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

Le renouveau du nucléaire Les solutions Alstom liées au réacteur EPR

ALSTOM

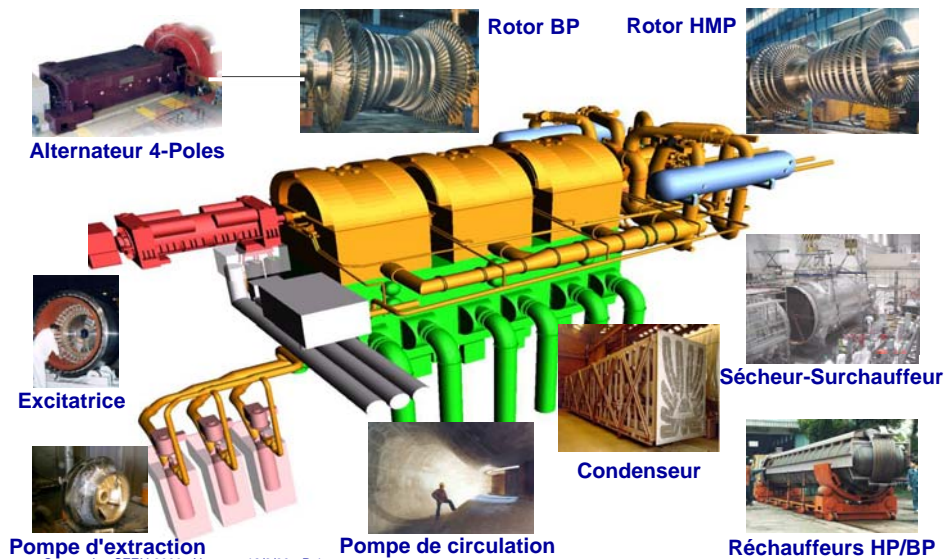


Convention SFEN 2009- Alstom – 12/3/09 - P 3

© ALSTOM 2009. All rights reserved. Information contained in this document is provided without liability for information purposes only and is subject to change without notice. No representation or warranty is given or to be implied as to the completeness of information or fitness for any particular purpose. Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

Installation de production d'électricité Produits Alstom pour Ilot Conventiennel

ALSTOM



Convention SFEN 2009- Alstom – 12/3/09 - P 4

© ALSTOM 2009. All rights reserved. Information contained in this document is provided without liability for information purposes only and is subject to change without notice. No representation or warranty is given or to be implied as to the completeness of information or fitness for any particular purpose. Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

Installation de production d'électricité Agenda

ALSTOM

- 1. Introduction
- 2. Des solutions technologiques
- 3. Des solutions industrielles
- 4. Conclusions

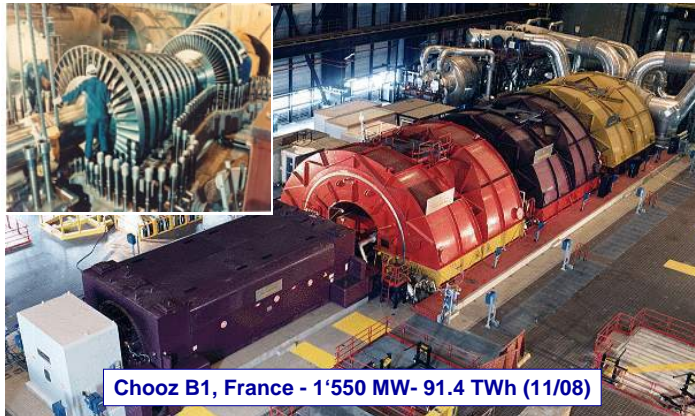
Convention SFEN 2009- Alstom – 12/3/09 - P 5

© ALSTOM 2009. All rights reserved. Information contained in this document is provided without liability for information purposes only and is subject to change without notice. No representation or warranty is given or to be implied as to the completeness of information or fitness for any particular purpose. Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

Installation de production d'électricité ARABELLE™ au cœur du cycle

ALSTOM

ARABELLE™ : La turbine la plus puissante au monde en fonctionnement
> 200 000 heures de marche cumulée, fiabilité 99.97%



Chooz B1, France - 1'550 MW- 91.4 TWh (11/08)

Et prochaine étape à 1750 MW avec Flamanville 3

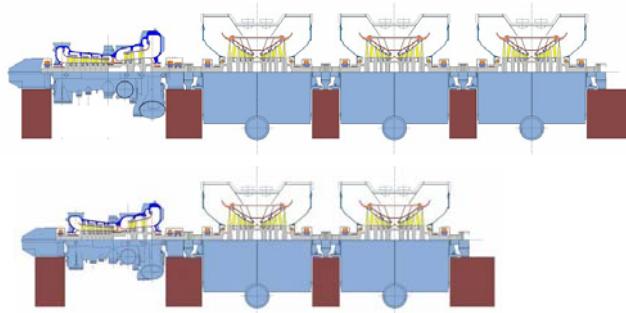
Convention SFEN 2009- Alstom – 12/3/09 - P 6

© ALSTOM 2009. All rights reserved. Information contained in this document is provided without liability for information purposes only and is subject to change without notice. No representation or warranty is given or to be implied as to the completeness of information or fitness for any particular purpose. Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

Installation de production d'électricité ARABELLE™ au cœur du cycle

ALSTOM

- Une gamme complète
 - De 900 MWe à 1800 MWe



ARABELLE 1700

- 50 Hz et 60 Hz
- De 30 à 100 mbar

ARABELLE 1000

- 50 Hz et 60 Hz
- De 30 à 100 mbar

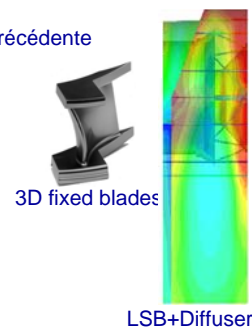
Convention SFEN 2009- Alstom – 12/3/09 - P 7

© ALSTOM 2009. All rights reserved. Information contained in this document is provided without liability for information purposes only and is subject to change without notice. No representation or warranty is given or to be implied as to the completeness of information or fitness for any particular purpose. Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

ARABELLE™ au cœur du cycle Une configuration pour un rendement maximum

ALSTOM

- Rendement du groupe turbo-alternateur
 - Utilisation du simple flux (comme sur N4)
 - Gain de rendement de ~ 1% par rapport à la génération précédente
 - De très grandes dernières ailettes Basse Pression
 - Gain de rendement de 2% à 3% selon les vides
 - Des profils améliorés
 - Avec réduction des pertes secondaires de la détente
- Un poste de réchauffage amélioré
 - 7 réchauffeurs au lieu de 6
 - Pompage des condensats des réchauffeurs BP
- Une utilisation optimale de la source froide
 - Prise en compte du coût de possession global
 - Condenseur multi-pression pour projets sur tour
 - Circuits de refroidissement sans isolation ni collecteurs
- Bénéfice pour le projet
 - Plus de puissance nette pour un réacteur et combustible donnés
 - Réduction de la chaleur rejetée dans l'environnement



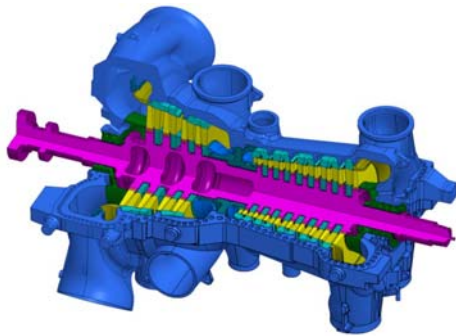
Convention SFEN 2009- Alstom – 12/3/09 - P 8

© ALSTOM 2009. All rights reserved. Information contained in this document is provided without liability for information purposes only and is subject to change without notice. No representation or warranty is given or to be implied as to the completeness of information or fitness for any particular purpose. Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

ARABELLE™ au cœur du cycle Corps combiné HP/MP pour l'EPR

ALSTOM

- Rendement maximum
 - Détente HP et MP en simple flux
- Encombrement réduit
 - Corps combiné HP/MP
- Standardisation et retour d'expérience
 - Mêmes interfaces à 50Hz et 60 Hz
 - Appuis, orifices...



- De la belle mécanique
 - Puissance du rotor >1100 MW
 - 14 m de long, $\Phi = 4$ m, 140 tonnes
 - Tolérances d'usinage au 1/100^{ème} mm
 - Jeux de fonctionnement: 1 à 2 mm
 - Malgré efforts vapeur et déformées thermiques

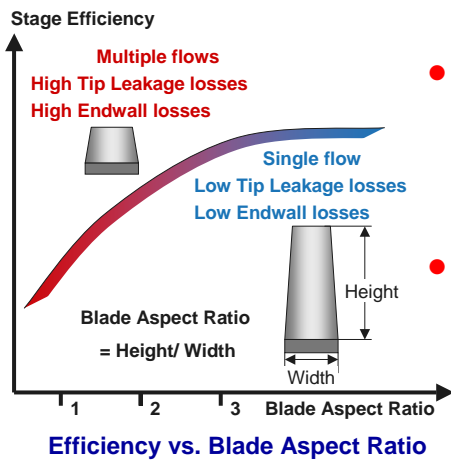
Convention SFEN 2009- Alstom – 12/3/09 - P 9

© ALSTOM 2009. All rights reserved. Information contained in this document is provided without liability for information purposes only and is subject to change without notice. No representation or warranty is given or to be implied as to the completeness of information or fitness for any particular purpose. Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

ARABELLE™ Conçue pour l'efficacité Avantages de la détente simple flux

ALSTOM

Le rendement augmente avec l'élanement des ailettes



- Bénéfice d' ARABELLE
 - HP 2F → 1 F
 - MP ou BP (début) 6F → 1 F
 - LP (fin) 6F → 6 F
- 60% de la détente totale en simple flux
 - Pour un rendement maximum

Convention SFEN 2009- Alstom – 12/3/09 - P 10

© ALSTOM 2009. All rights reserved. Information contained in this document is provided without liability for information purposes only and is subject to change without notice. No representation or warranty is given or to be implied as to the completeness of information or fitness for any particular purpose. Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

ARABELLE™ au cœur du cycle Des rotors soudés pour une fiabilité maximum

ALSTOM

Excellente résistance à la corrosion sous tension



- Des forges de taille plus réduite
 - Plus de fournisseurs
 - Sécurité d'approvisionnement
 - Sécurité de livraison

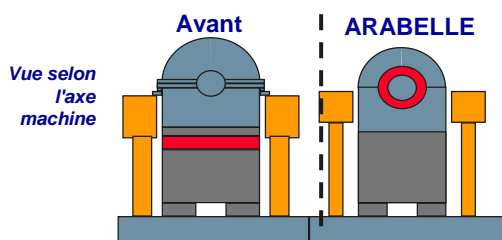
Convention SFEN 2009- Alstom – 12/3/09 - P 11

© ALSTOM 2009. All rights reserved. Information contained in this document is provided without liability for information purposes only and is subject to change without notice. No representation or warranty is given or to be implied as to the completeness of information or fitness for any particular purpose. Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

ARABELLE™ au cœur du cycle Corps BP à structure indépendante

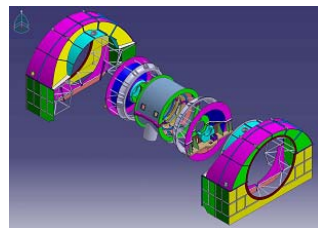
ALSTOM

Baucoup d'avantages pour l'exploitant



Gravité: 1970 t 1520 t
Effet de vide: 2500 t Zéro

- Charges réduites sur la table du groupe
 - Réduction de 30% à 50% du volume de béton
- Alignement et relignages sont facilités
 - Corps interne uniquement à positionner
- Bonne stabilité vibratoire en fonctionnement
 - Pas d'efforts sur le corps BP avec les variations de niveau d'eau condenseur et de vide



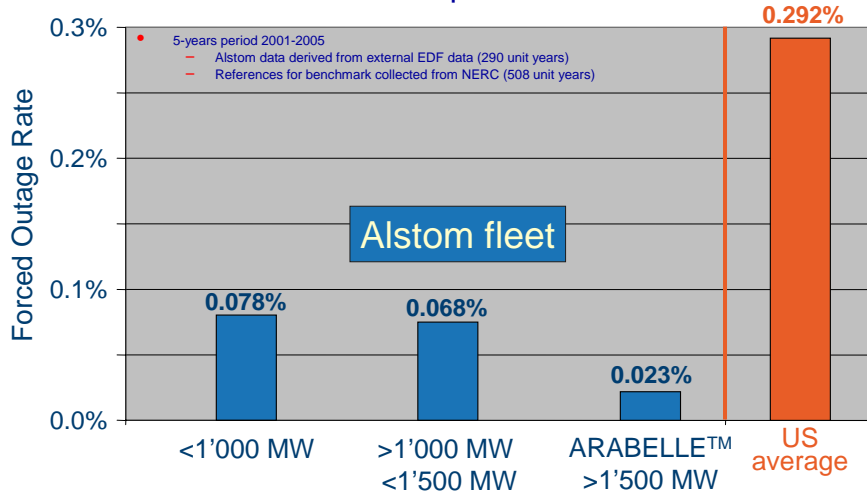
Convention SFEN 2009- Alstom – 12/3/09 - P 12

© ALSTOM 2009. All rights reserved. Information contained in this document is provided without liability for information purposes only and is subject to change without notice. No representation or warranty is given or to be implied as to the completeness of information or fitness for any particular purpose. Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

ARABELLE™ au cœur du cycle Une fiabilité exceptionnelle

ALSTOM

Turbines à vapeur nucléaire



Convention SFEN 2009- Alstom – 12/3/09 - P 13

© ALSTOM 2009. All rights reserved. Information contained in this document is provided without liability for information purposes only and is subject to change without notice. No representation or warranty is given or to be implied as to the completeness of information or fitness for any particular purpose. Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

Alternateurs de très forte puissance GIGATOP 4 poles pour ARABELLE

ALSTOM



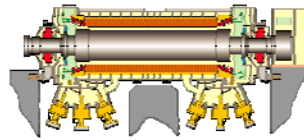
Convention SFEN 2009- Alstom – 12/3/09 - P 14

© ALSTOM 2009. All rights reserved. Information contained in this document is provided without liability for information purposes only and is subject to change without notice. No representation or warranty is given or to be implied as to the completeness of information or fitness for any particular purpose. Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

Alternateurs pour ARABELLE Les points clés de la technologie

ALSTOM

- Des technologies performantes
 - Rendement supérieur à 99%
 - Isolation (Micadur) et calage éprouvés
 - Excitateur à diodes tournantes très compact
- Disponibilité maximale
 - Maintenance facilitée
 - Resserrage des têtes de bobine
 - Refroidissement stator avec tubes inox
 - Plus de risque de bouchage



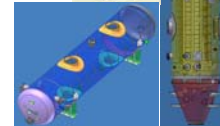
Convention SFEN 2009- Alstom – 12/3/09 - P 15

© ALSTOM 2009. All rights reserved. Information contained in this document is provided without liability for information purposes only and is subject to change without notice. No representation or warranty is given or to be implied as to the completeness of information or fitness for any particular purpose. Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

Groupes Séparateurs/Surchauffeurs (GSS) Une spécialité Alstom

ALSTOM

- Une excellente efficacité de séparation
 - Un système de panneaux séparateurs performant
 - Des pertes de charges minimales
- Design compact à haute performances
 - Deux étages avec faible Delta T
 - Des pré-séparateur intégrés dans l'enveloppe
 - Disposition verticale ou horizontale
- Grande fiabilité et faible maintenance
 - Plus de 200 unités en opération dans le monde
 - Plus de 20 ans de fonctionnement avec succès
- Deux GSS pour chaque EPR
 - 400 t, 24 m de longueur et 6 m de diamètre



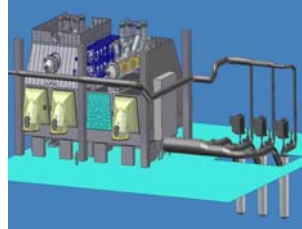
Convention SFEN 2009- Alstom – 12/3/09 - P 16

© ALSTOM 2009. All rights reserved. Information contained in this document is provided without liability for information purposes only and is subject to change without notice. No representation or warranty is given or to be implied as to the completeness of information or fitness for any particular purpose. Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

Un système de condensation complet Une spécialité Alstom

ALSTOM

- Faisceaux pour hautes performance
 - Fiabilité, faible écart de température
- Montage série ou parallèle
 - Pour simple vide ou triple vide
- Montage déconnecté de la turbine
 - Grâce à la structure BP indépendante
- Compacité par l'intégration
 - Réchauffeurs 1&2 en manchette
- Extraction optimisée des condensats
 - Avec 3 pompes (Alstom) 50%
- Système de mise sous vide adapté
 - Forte capacité pour démarrage rapide



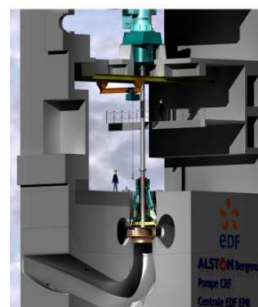
Convention SFEN 2009- Alstom – 12/3/09 - P 17

© ALSTOM 2009. All rights reserved. Information contained in this document is provided without liability for information purposes only and is subject to change without notice. No representation or warranty is given or to be implied as to the completeness of information or fitness for any particular purpose. Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

Pompes de circulation Pompes Alstom Bergeron à Volute Béton

ALSTOM

- Exceptionnelles disponibilité et résistance à l'usure
 - Minimum de pièces métalliques au contact de l'eau
 - Maintenance réduite et rapide
 - Faibles coûts d'opération et de maintenance
- Parfaitement adaptées aux besoins du nucléaire
 - Nombre réduit de pompe
 - Capacité unitaire maximale, jusqu'à 38 m³/s
 - Faible consommation de puissance
 - Rendement hydraulique > 92%
 - Faibles pertes de charge dans un circuit sans vannes
- Nombreuses références en centrale nucléaire
 - 116 pompes pour 58 tranches en France
 - En fabrication pour Flamanville 3
 - Egalement en Chine, Afrique du sud, Corée
- Capacité à optimiser la fonction pompage complète



Convention SFEN 2009- Alstom – 12/3/09 - P 18

© ALSTOM 2009. All rights reserved. Information contained in this document is provided without liability for information purposes only and is subject to change without notice. No representation or warranty is given or to be implied as to the completeness of information or fitness for any particular purpose. Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

Installation de production d'électricité Valeur ajoutée par Alstom à l'EPR

ALSTOM



ARABELLE 1700, 50 Hz
Bon vide



ARABELLE 1700, 50 Hz
Vide moyen

Rendement et fiabilité	Produire le maximum avec chaque EPR
Deux à quatre BP avec une gamme de dernières ailettes longues et validées	Extraire le maximum de chaque site
Des pompes volute béton éprouvées de très grand débit	Le débit de refroidissement adapté, en toute fiabilité
Des solutions intégrées Ex: condenseurs monovide / Triple vide	Solution optimisée: Investissement versus MW



ARABELLE 1700, 60 Hz

Convention SFEN 2009- Alstom – 12/3/09 - P 19

© ALSTOM 2009. All rights reserved. Information contained in this document is provided without liability for information purposes only and is subject to change without notice. No representation or warranty is given or to be implied as to the completeness of information or fitness for any particular purpose. Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

Installation de production d'électricité Agenda

ALSTOM

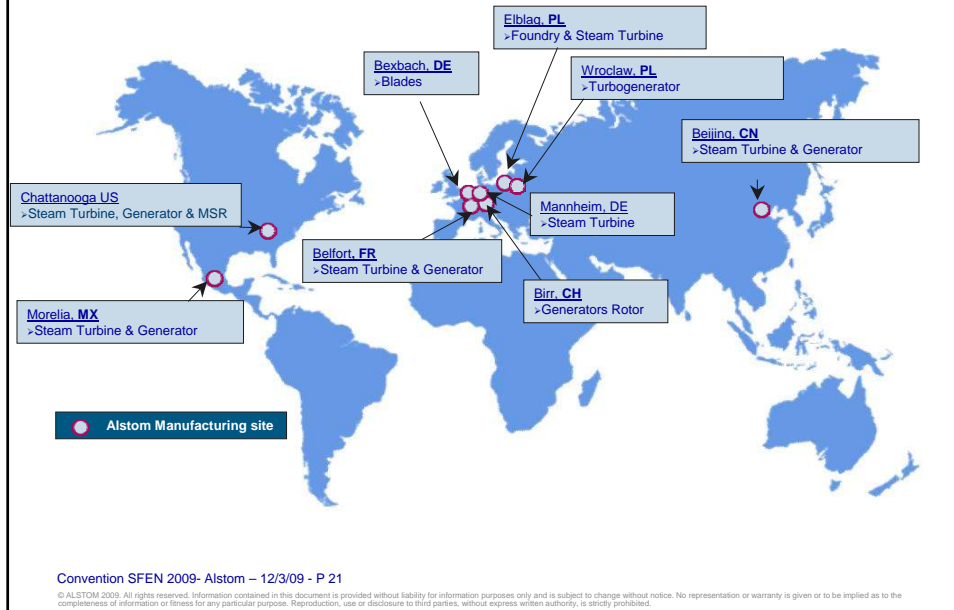
- 1. Introduction
- 2. Des solutions technologiques
- 3. Des solutions industrielles
- 4. Conclusions

Convention SFEN 2009- Alstom – 12/3/09 - P 20

© ALSTOM 2009. All rights reserved. Information contained in this document is provided without liability for information purposes only and is subject to change without notice. No representation or warranty is given or to be implied as to the completeness of information or fitness for any particular purpose. Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

Un réseau d'implantations industrielles

ALSTOM



Fabrications et achats Les spécificités du tissu industriel nucléaire

ALSTOM



Forge rotor alternateur pour Flamanville 3

- Lingot de 600 tonnes
- 270 tonnes pré-usiné



Rotor alternateur 1550 MWe

- Des composants de taille exceptionnelle
- Un produit fini de haute technicité

Convention SFEN 2009- Alstom – 12/3/09 - P 22

© ALSTOM 2009. All rights reserved. Information contained in this document is provided without liability for information purposes only and is subject to change without notice. No representation or warranty is given or to be implied as to the completeness of information or fitness for any particular purpose. Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

Fabrications et achats Les spécificités du tissu industriel nucléaire

ALSTOM

- Un nombre restreint de fournisseurs



Flamanville 3 HP
• Voest Alpine, Autriche

Convention SFEN 2009- Alstom – 12/3/09 - P 23

© ALSTOM 2009. All rights reserved. Information contained in this document is provided without liability for information purposes only and is subject to change without notice. No representation or warranty is given or to be implied as to the completeness of information or fitness for any particular purpose. Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

Corps HP

- Corps pré-usiné
- Acier 12% Cr

Corps MP

- Corps pré-usiné
- Acier moulé



Flamanville 3 MP
• Alstom, Pologne

Corps HMP une fois assemblé

- 240 tonnes (supérieur et inférieur)
- 10m de long, 7 m de large

Installation de production d'électricité Agenda

ALSTOM

- 1. Introduction
- 2. Des solutions technologiques
- 3. Des solutions industrielles
- 4. Conclusions

Convention SFEN 2009- Alstom – 12/3/09 - P 24

© ALSTOM 2009. All rights reserved. Information contained in this document is provided without liability for information purposes only and is subject to change without notice. No representation or warranty is given or to be implied as to the completeness of information or fitness for any particular purpose. Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

Conclusions

ALSTOM

- ARABELLE™: Un portefeuille de produits complet et performant d'équipements pour l'îlot conventionnel
- Permet de fournir le maximum de puissance et de disponibilité du réacteur
- Des solutions éprouvées depuis N4
- Capacités industrielles pour couvrir les principaux marchés

Convention SFEN 2009- Alstom – 12/3/09 - P 25

© ALSTOM 2009. All rights reserved. Information contained in this document is provided without liability for information purposes only and is subject to change without notice. No representation or warranty is given or to be implied as to the completeness of information or fitness for any particular purpose. Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

www.alstom.com

ALSTOM

Systèmes de conversion d'énergie pour l'EPR

Les solutions développées par Alstom

Patrick Ledermann, Alstom

Co-auteurs : P. Berthier, Alstom et V. Jourdain, Alstom

Article préparé pour les journées de la convention SFEN 2009

Présenté le 12 mars 2009 dans la session 3

RESUME

Le renouveau du développement du nucléaire se traduit par le développement de réacteurs de troisième génération. Pour transformer efficacement l'énergie thermique de ces réacteurs, de nouvelles solutions technologiques ont été développées avec comme objectif de répondre aux niveaux de puissance plus élevés retenus et aux impératifs toujours croissant de fiabilité et de disponibilité des centrales. Un rendement élevé de l'îlot secondaire fait également partie des besoins, pour maximiser la puissance produite et réduire ainsi le coût spécifique en €/kW de la centrale.

Ces niveaux de puissance et de rendement élevés sont un défi technologique qu'Alstom s'est attaché à relever, et quelques points clés de ces avancées et les principales caractéristiques constructives des turbines à vapeur ARABELLE™ adaptées aux réacteurs à eau légère de forte puissance sont présentées, prenant comme exemple le projet Flamanville 3 en cours de construction en Normandie. Sont présentées en particulier la construction « en simple flux », la technologie des rotors soudés, les ailettes terminales de grande taille. Les autres équipements principaux, l'alternateur, le condenseur, les sécheurs/surchauffeurs, les pompes de circulation et d'extraction qu'Alstom intègre dans le système de conversion d'énergie ont également bénéficié de nouveaux développements qui sont présentés.

Un troisième chapitre détaille les spécificités liées à la réalisation de ces équipements, et en particulier la problématique de « supply chain » (fabrications internes et achats) de l'îlot conventionnel, qui est à reconstruire en grande partie suite à l'hiver nucléaire des décennies passées. Cet impératif et celui découlant du déploiement d'Alstom en tant qu'acteur global au jour où de nombreux pays développent des programmes d'équipement nucléaire importants imposent une internationalisation des moyens de production et d'ingénierie. La part française est importante grâce à l'usine de fabrication de turbine et d'alternateur de Belfort et au centre d'étude nucléaire à Levallois-Perret, comme il le sera montré sur l'exemple de Flamanville 3.