

**DIRECTION PRODUCTION INGENIERIE**

Centre Nucléaire de Production d'Electricité  
de Saint-Laurent-des-Eaux



ENREGISTRE LE  
25 AVR. 2014  
DCE

SAINT-LAURENT Le : 24/04/14

ORX/MN

Indice 00

Fabien ORIEUX	Entité Propriétaire : SAF
<b>NOTE TECHNIQUE N° 6194</b>	
Dossier d'Aptitude à la Poursuite de l'Exploitation Tranche 1 Saint-Laurent B	
D5160-SD-NT-13/6194	255 Pages

DOCUMENTS ANNULES ET REMPLACES :

DOCUMENTS AMONT :

**RESUME :** Cette note présente le positionnement du CNPE de Saint-Laurent sur la maîtrise du vieillissement des matériels IPS, non IPS agresseurs de matériels IPS et non IPS pris en compte au titre des EPS de la tranche 1. Elle précise le plan d'actions complémentaires à engager dans la période entre les visites décennales VD3 et VD4.

APPROBATEUR		NOM	VISA	DATE
				Patrice DEJOU

  

EXAMEN	Organisme	Réexamen - Périodicité	Date	Responsable
Durée de conservation :	P		3 ans	SAF

Contenu IPS	OUI <input type="checkbox"/>	NON <input checked="" type="checkbox"/>	Accessibilité
Qualité Surveillée :	OUI <input checked="" type="checkbox"/>	NON <input type="checkbox"/>	Libre <input type="checkbox"/> Restreinte <input type="checkbox"/>
Documentation référence	OUI <input checked="" type="checkbox"/>	NON <input type="checkbox"/>	EDF <input checked="" type="checkbox"/> Direction <input type="checkbox"/> Confidentielle <input type="checkbox"/>

<b>edf</b> <b>CNPE de</b> <b>SAINT-LAURENT</b>	<b>NOTE TECHNIQUE N° 6194</b> Dossier d'Aptitude à la Poursuite de l'Exploitation Tranche 1 Saint-Laurent B	<b>Indice</b>  00	<b>Page</b>  43/255
		D5160-SD-NT-13/6194	

Concernant les roues, leur classification est représentative du vieillissement. Une stratégie de maîtrise de la cinétique de l'usure par cavitation a été définie. Une roue est changée à l'atteinte du critère de fin de la classe 4. Sur la tranche 1, les roues des 3 pompes primaires ont été mises en place avec l'échange standard des hydrauliques. Les roues des trois pompes sont de classe 2.

#### **3.8.4. Conclusion**

Les éléments notés dans les paragraphes précédents sont tous situés dans le cadre du DAPE générique. Aucune spécificité locale, non prise en compte dans l'approche nationale, n'a été décelée. Pour le DAPE générique du palier CPY, une fiche d'analyse du vieillissement (FAV) a le statut 2 :

- FAV 007.50.08 : érosion de cavitation sur les aubes de roue.

Les actions en cours relatives à cette FAV, décrite dans le DAPE, apportent la démonstration de la maîtrise du vieillissement pour les GMPP de Saint Laurent B1, dans la perspective d'une exploitation lors de la période VD3 – VD4.

### **3.9. DAPE Enceinte de Confinement**

#### **3.9.1. *Particularités de conception – fabrication – réalisation***

L'enceinte de la tranche de Saint Laurent B1 ne présente pas de particularité de conception pouvant avoir une incidence sur la maîtrise du vieillissement autre que celle mentionnée dans le DAPE générique.

Les caractéristiques principales de l'enceinte sont les suivantes :

- Diamètre intérieur : 37,00 m ;
- Diamètre extérieur : 38,80 m ;
- Epaisseur de la jupe cylindrique : 0,90 m ;
- Epaisseur du radier en partie courante : 3,50 m ;
- Epaisseur du dôme en partie courante : 0,80 m ;
- Cote supérieure du dôme : 56,63 m ;
- Cote supérieure du radier : - 4,50 m + tenon central sous puits de cuve à - 3,80 m ;
- Volume libre enceinte : 51 350 m<sup>3</sup> ;
- Sol de fondation : alluvions sur argile et marno-calcaire
- Module d'Young dynamique du sol : compris entre 5 000 et 20 000 bar.

Le principe de base retenu pour les paliers CP1 et CP2 est celui d'une galerie incorporée au radier, cette galerie circulaire a servi lors de la construction, pour la mise en tension des câbles verticaux les plus déviés, tendus par les deux extrémités, et lors de l'injection de la totalité des câbles verticaux de la paroi. Ce principe est bien adapté aux sols meubles ou aux rochers tendres qui constituent la majorité des terrains rencontrés dont celui de Saint Laurent.

#### **3.9.2. *État des composants et structures***

En conformité avec le PBMP enceinte de confinement des tranches REP 900 MWe (référence PB900AM124-01 Indice 2), une surveillance est effectuée en fonctionnement et en arrêt de tranche lors des épreuves enceintes à 4 bar absolus.

La dernière épreuve enceinte a été réalisée en Juillet 2005 et la dernière visite périodique a été effectuée en 2005 : aucun défaut notable impactant la sûreté n'a été relevé.

**Mesures effectuées en fonctionnement :**

Déformation

Les mesures effectuées en fonctionnement normal sur le comportement long terme montrent qu'à fin 2010, pour l'enceinte de Saint Laurent B1 :

- L'amortissement des phénomènes de retrait-fluage se poursuit avec des vitesses d'évolution faibles.
- Les pertes de tension des câbles de précontraintes présentent un amortissement linéaire depuis 1983 – 1984

Les résultats des mesures d'auscultations réalisées entre Février 2007 et Janvier 2011 révèlent que :

- Les déformations locales du dôme sont de 160  $\mu\text{m}/\text{m}$  en moyenne, avec une vitesse d'évolution quasi-nulle.
- Les déformations mesurées à mi fût dans les directions tangentielles et radiales sont de l'ordre de 155  $\mu\text{m}/\text{m}$  (radiale) et 280  $\mu\text{m}/\text{m}$  (tangentielle) avec une vitesse d'évolution quasi-nulle (radiale) et inférieur à 5  $\mu\text{m}/\text{m}/\text{an}$  (tangentielle)
- Les déformations radiales moyennes du radier sont de l'ordre de 90  $\mu\text{m}/\text{m}$  mais sont largement amortie, leur vitesse d'évolution étant quasi-nulle.

Tassement

Le tassement de la fondation s'établit à environ 248 mm depuis le début de la construction jusqu'en Janvier 2008 et se décompose par période comme suit :

Phase	Période	Tassement du radier (mm)
Début de la construction à début de la mise en précontrainte	Janvier 1976 à Juillet 1978	153
Début de la mise en précontrainte à essai pré-opérationnel (mise en place de composants lourds)	Août 1978 à Mars 1980	49
Exploitation	Avril 1980 à Janvier 2008	46
<b>Total</b>		248

Sur la même période, le basculement est d'environ 14 mm/10 m dans la direction du bâtiment Locaux Electriques

La dernière mesure réalisée en Janvier 2008 confirme la poursuite de la phase d'amortissement du tassement avec une vitesse relativement faible de 0,8 mm/an.

Ces valeurs sont conformes aux prévisions d'évolution pris en compte dans le RDS de Saint Laurent.

Parements externes

L'inspection visuelle du parement externe de l'enceinte en amont de la VD2 a consisté en un recensement exhaustif des défauts apparents et a montré que l'état de fissuration de l'enceinte à la pression atmosphérique est conforme à l'attendu.

En matière de fissuration, cette enceinte est dans la moyenne du parc aussi bien pour le nombre de fissures que pour leur longueur moyenne (1,8 m). Les fissures détectées sur les dômes et qui sont supérieures ou égales à 0,3 mm ont été réparées entre Juin et Juillet 2008 dans le cadre de la modification PNXX1372 - Volet D.

L'inspection visuelle du parement externe de Saint Laurent B1 a montré un niveau élevé de corrosion (488 défauts pour une longueur cumulée de 358 m). La plus grande longueur de défauts se situe dans la galerie périmétrale avec plus de 300 m. Pour le reste la corrosion se répartie principalement sur le dôme, le couronnement, les nervures, et sont très ponctuels et de faibles ampleurs.

A la suite de la VD3 TR1 de 2015, une campagne de réparation sera réalisée sur la période 2017-2021.

Au titre du PBMP900 AM-124-01 ind. 02 du 07/12/2006 (PBMP Enceinte), les parties visibles du fût et les nervures sont à inspecter périodiquement. Cette inspection permet de mettre en évidence l'existence de fissures et des traces de corrosion (des armatures passives). Elle intervient en amont de l'épreuve et constitue, pour la partie située à l'extérieure, la visite demandée dans les documents d'épreuve DT119.

Parements internes

Suite à la dernière visite périodique réalisée en 2010 (selon PB900 AM-121-02 ind.0), le revêtement peinture du liner métallique présente un état satisfaisant (classé laissé en l'état).

**Contrôles réalisés en épreuve :**

Les dates et les résultats des épreuves de l'enceinte de Saint Laurent B1 sont donnés dans le tableau ci-dessous :

Epreuve	Date	Fuite globale			
		Taux de Fuite		Débit de Fuite	
		TdF = Fm en %/ jour	Incertitudes en %/ jour	Ddf = Qm en Nm <sup>3</sup> /h	Incertitudes en Nm <sup>3</sup> /h
VCI	03/1980	-0,028	± 0,007	-2,72	± 0,70
VC1	06/1984	-0,014	± 0,017	-1,40	± 1,60
VD1	12/1995	-0,017	± 0,027	-1,72	± 2,63
VD2	07/2005	-0,021	± 0,010	-1,98	± 0,98

La prochaine épreuve enceinte est prévue à ce jour en Mai-Juin 2015 au cours de la VD3 avec application du PBMP 900AM124-01 ind. 2.

L'essai global d'étanchéité (Type A) réalisé lors de la dernière épreuve enceinte en 2005 fait état d'un taux de fuite à la pression nominale de  $-0,021 \text{ \%}/j \pm 0,010 \text{ \%}/j$  ce qui correspond à un débit de  $-1,98 \text{ Nm}^3/\text{h} \pm 0,98 \text{ Nm}^3/\text{h}$ . Ces valeurs expérimentales sont à comparer au critère de taux de fuite de  $-0,162 \text{ \%}/j$ , soit un débit de fuite équivalent en air sec, dans les conditions d'essai de  $-15,6 \text{ Nm}^3/\text{h}$ .

A la suite de la comparaison, on en conclut que ces valeurs démontrent la bonne étanchéité de l'enceinte

Les déformations et les déplacements mesurés sous l'effet de la pression sont tout à faits comparables à ceux obtenus lors des essais précédents.

Dans l'ensemble, et au regard de l'instabilité thermique de l'ouvrage au cours de l'épreuve, les déformations et déplacements présentent une linéarité et une réversibilité perturbées mais acceptables sous l'effet de la pression.

Déformations locales

Les amplitudes des déformations locales ( $\mu\text{m}/\text{m}$ ) sont mesurées par les extensomètres pour une variation de pression de 0,4 MPa.

Les résultats de mesure sont tout à fait comparables à ceux des essais précédents.

Les déformations résiduelles au retour à la pression atmosphérique sont faibles. L'hystérésis maximale au retour à la pression atmosphérique est :

- De l'ordre de  $6 \mu\text{m}/\text{m}$  pour le radier
- De l'ordre de  $18 \mu\text{m}/\text{m}$  pour le fût
- De l'ordre de  $9 \mu\text{m}/\text{m}$  pour le dôme

Les modules d'élasticité (module d'Young) et le coefficient de Poisson sont calculés à partir des valeurs des déformations tangentielles et radiales moyennes à mi-fût.

EPREUVE	Essai pré-opérationnel	Essai au premier rechargement	Essai décennal (VD1)	Essai Décennal (VD2)
	1980	1984	1995	2005
Module de Young (MPa)	36 400	37 200	35 100	34 500
Coefficient de Poisson	0,05	0,07	0,13	0,07

Ces valeurs comparables aux essais précédents attestent de la bonne conservation des propriétés mécaniques du fût de l'enceinte.

Déformations d'ensemble

Les déformations d'ensemble (mm) sont mesurées à l'aide du dispositif de pendule.

Les variations de diamètre, corrigées des variations de température, sont dans l'ensemble comparables à celles obtenues lors des essais précédents, ce qui témoigne d'un bon comportement mécanique de l'enceinte dans le temps.

L'hystérésis moyenne au retour à la pression atmosphérique reste faible ( $<1\text{mm}$ ).

Déformation du radier

Sous l'effet de la pression nominale, le dispositif de nivellement par pots hydrauliques fait apparaître au centre du radier une flèche maximale de 4,7 mm. Cette flèche est tout à fait cohérente avec celles obtenues lors des essais de 1980, 1984, et 1995. Ce résultat témoigne d'un bon comportement mécanique du radier.

La flèche résiduelle moyenne au retour à la pression atmosphérique est de 0,3 mm témoignant d'un bon retour de déformation du radier.

Comportement de la zone du Tampon d'Accès Matériel : liaison béton-virole

Les déplacements béton-virole observés pendant l'épreuve ont été mesurés à l'aide de 10 capteurs fissuro-thermo-loggers mis en place sur la liaison béton-virole.

Les mesures n'ont mis en évidence aucune évolution significative.

L'hystérésis maximale au retour à la pression atmosphérique est négligeable tant en radial qu'en axial.

Inspection visuelle de la paroi externe de l'enceinte

L'inspection visuelle au palier nominal a pour but de faire un relevé de l'état de fissuration des zones sensibles et particulièrement de quantifier les évolutions des fissures relevées initialement et de détecter l'apparition de nouvelles fissures.

Cette inspection a été réalisée durant les 16 heures du palier nominal à l'aide du système Scansites pour l'inspection à distance de l'ouvrage. Les parties du parement masquées par les locaux adjacents ou non inspectables à distance ont été intégralement visitées et inspectées de manière rapprochée.

A la pression nominale, l'inspection visuelle du parement externe a mis en évidence des évolutions de fissures :

- Au niveau du SAS Matériel, deux fissures instrumentées ont évolué au palier nominal. Pour celles-ci une mesure a été réalisée au retour à la pression atmosphérique ce qui a permis de vérifier le retour aux positions initiales de ces fissures.
- Au niveau des zones dites sensibles (ceinture torique, dôme, SAS personnel, gousset, traversée vapeur) n'ont présenté aucune évolution.
- Les plus fortes évolutions en nombre sont constatées sur les zones du SAS Matériel, des nervures et des puisards RIS/EAS.

Une inspection au retour à la pression atmosphérique a été requise. Elle a permis de vérifier le retour à l'état initial voire une disparition des défauts relevés au palier nominal.

Aucun des défauts n'a dépassé les critères d'instrumentation (0,3 mm en ouverture et 1 m en longueur).

Inspection du liner métallique

L'inspection du liner métallique de l'enceinte de confinement a été réalisée en amont de l'épreuve enceinte. Le nombre de cloques relevées était de 813 pour une surface cumulée de 169 m<sup>2</sup>. Après épreuve, aucune nouvelle cloque n'est apparue.

Les résultats obtenus et présentés au chapitre 8.2.3 du DAPE générique Enceinte (ENGSGC090195) montrent que l'intégrité de la zone courante de la peau métallique est garantie.

**Modifications :**

Depuis la VD2, aucune modification de l'enceinte de Saint Laurent B1 n'a eu lieu.

Dans le cadre du projet VD3 (affaire PNXX 1372 – volet D) une protection contre la corrosion des armatures passives du dôme de Saint Laurent B1 a été réalisée (travaux réalisés en TEM entre Juin 2008 et Juillet 2008), cette protection consistait à injecter un liant époxydique (produit CHRYSOR RESIPOLY JF-24FD) dans les fissures dont l'ouverture est supérieure à 0,3 mm.

Deux modifications sont actuellement prévues sur l'enceinte de confinement CPP au titre du lot VD3.

N° affaire	Lot	Libellé de la modification
PNXX 1717	VD3	Exutoire de pression enceinte en situation H1.2.
PNXX 1719	VD3	Amélioration tenue du TAM aux accidents graves

Suite aux visites périodiques réalisées en 2010, les capots de précontraintes du dôme et des galeries ont été remis en peinture suivant les prescriptions du CCTR pendant l'été 2011. Le système de revêtement appliqué a été un EEC 200 I de l'entreprise FREITAG

L'enceinte de confinement de Saint Laurent B1 n'est pas concernée par le Programme d'Investigation Complémentaire (PIC) prévu en VD3.

**3.9.3. Conditions d'exploitation et de maintenance**

*Conditions d'exploitation :*

Les sollicitations d'ensemble en service normal de l'enceinte résultent des effets de la pression et de la température de l'atmosphère intérieure et extérieure dont les critères de calcul sont les suivants :

- la pression effective dans l'enceinte varie entre - 250 hPa et + 100 hPa
- la température maximale dans l'enceinte doit rester inférieure à +50°C et ne pas dépasser de plus de 35°C la température extérieure (+40°C d'écart exceptionnellement).

L'état thermique de l'ouvrage, réacteur en fonctionnement, est comparable à celui observé sur les périodes précédentes. On remarque tout de même une baisse sensible sur les températures à mi-fût.

Une température maximale de 34,1 °C a été observée en Septembre 2007, à l'intrados du fût.

Le gradient thermique maximal extrados/intrados dans le fût est d'environ 14°C, il a été relevé en Décembre 2010.

L'état thermique de l'ouvrage est resté conforme aux critères de calcul et n'a donc pas d'impact sur le vieillissement lié à l'exploitation normale.

*Bilan des fiches d'Écart :*

Les systèmes élémentaires se rapportant au génie-civil de l'enceinte de confinement sont :

- EAU Instrumentation de l'enceinte
- EPP Pressurisation de l'enceinte – Contrôle des fuites de l'enceinte
- ETY Surveillance atmosphérique, gonflage et décompression enceinte
- HRA Bâtiment Réacteur (structures internes, hors enceinte extérieure)

<b>EDF</b> <b>CNPE de</b> <b>SAINT-LAURENT</b>	<b>NOTE TECHNIQUE N° 6194</b> Dossier d'Aptitude à la Poursuite de l'Exploitation Tranche 1 Saint-Laurent B	<b>Indice</b>  00	<b>Page</b>  49/255
		D5160-SD-NT-13/6194	
<p>Il n'y a pas de fiche d'écart non close concernant les systèmes se rapportant au Génie Civil de l'enceinte de confinement.</p>			
<p><i>Événements d'exploitation</i> : pas d'évènement notable.</p>			
<p><i>Opérations de maintenance réalisées (Maintenance exceptionnelle)</i> : il n'y a pas eu de maintenance exceptionnelle effectuée sur le Génie Civil de l'enceinte de confinement.</p>			
<p><b>3.9.4. <u>Conclusion</u></b></p>			
<p>Les conclusions du DAPE générique sur l'état de l'enceinte s'appliquent bien à Saint Laurent B1 et les derniers résultats issus des rapports d'auscultation EDF DTG viennent confirmer ces conclusions.</p>			
<p>La requalification de l'enceinte lors de son épreuve et la réalisation de l'examen de conformité sont les principales actions en VD3 de confortement du bon vieillissement de l'enceinte de Saint Laurent B1.</p>			
<p>L'application du DAPE générique à Saint Laurent B1 apporte la démonstration de la maîtrise du vieillissement pour la partie génie-civil de l'enceinte, dans la perspective d'une exploitation pendant la période décennale suivant la VD3 (VD3-VD4).</p>			
<p><b>3.10. <u>DAPE Structures de génie civil</u></b></p>			
<p><b>3.10.1. <u>Particularités de conception – fabrication – réalisation</u></b></p>			
<p>Le DAPE Générique indique le classement des sites en fonction de l'évaluation du risque alcali-réaction. Il indique que la centrale de Saint Laurent a été conçue avec des formules béton dont la classe en alcalins actifs varie de A1 à A3 et des granulats classés PR, ce qui peut être considéré comme correspondant à un risque fort.</p>			
<p>Toutefois une grande majorité des bétons est classée A2. Ce risque est donc limité aux bétons soumis à un environnement riche en alcalins.</p>			
<p>Pour évaluer le risque moyen, l'environnement humide a été retenu. Dans ce cas, on obtient un risque potentiel de gonflement important MB3. C'est ce risque moyen qui a été retenu pour la maintenance préventive du GC.</p>			
<p>Les symptômes d'une pathologie de RSI (Réaction Sulfatique Interne), à savoir fissuration et faïençage, sont communs à ceux de la RAG (Réaction Alcali Granulat). La cinétique d'évolution peut également être lente. Le suivi de ce phénomène s'effectue au travers des PBMP.  A ce jour le site de Saint Laurent n'est pas concerné par cette pathologie.</p>			
<p><b>3.10.2. <u>État des composants et structures</u></b></p>			
<p>Depuis la VD2, aucune modification de Saint Laurent B1 pouvant avoir un impact sur ce phénomène d'alcali-réaction n'a eu lieu.</p>			
<p>Aucune modification de Saint Laurent B1 pouvant avoir un impact sur le phénomène d'alcali-réaction n'est prévue dans le cadre du projet VD3.</p>			
<p>Lors de la visite initiale du BR2 en juillet 1994, il a été découvert un cône d'éclatement en sous-face d'un plancher GV. Les mêmes symptômes ont été découverts par la suite dans beaucoup d'autres locaux, ainsi que quelques réseaux de fissures dans les locaux des BR</p>			