

**RAPPORT ANNUEL SUR LA SURVEILLANCE DE LA CONFORMITÉ
ET LE RENDEMENT EN EXPLOITATION DU RÉACTEUR SLOWPOKE-2,
POLYTECHNIQUE MONTRÉAL**

POUR LA PÉRIODE JANVIER 2018 – DÉCEMBRE 2018

Selon les exigences du *Manuel des conditions de permis du réacteur de faible puissance SLOWPOKE-2* de la Corporation de l'École Polytechnique, section 4.4 du MCP-SLOWPOKE-EP-R001, et en conformité avec le permis d'exploitation du réacteur SLOWPOKE de Polytechnique Montréal, le permis PERFP-9A.01/2023.

Présenté à la Commission canadienne de sûreté nucléaire :

Pierre Tanguay, agent de projet

Division des laboratoires nucléaires et des réacteurs de recherche (DLNRR)

Direction de la réglementation du cycle et des installations nucléaires

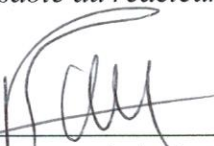
Direction générale des activités de réglementation

Préparé par :



C. Chilian, responsable du réacteur, Département de génie physique

Approuvé par :



P.A. Tanguay, directeur général et titulaire du permis, Polytechnique Montréal

Adresse de l'exploitant :

2900, boul. Édouard-Montpetit
Campus de l'Université de Montréal
2500, chemin de Polytechnique
Montréal (Québec)
H3T 1J4

Titulaire du permis :

P.A. Tanguay, directeur général de Polytechnique Montréal
Téléphone: (514) 340-4943
Télécopieur: (514) 340-4600
Local: B-202.2
Courriel : philippe.tanguay@polymtl.ca

Document SLO-610, Public
Polytechnique Montréal
31 mars 2019

Table des matières

| | |
|---|----|
| RÉSUMÉ | 3 |
| 1. Introduction..... | 6 |
| 1.1 Introduction générale..... | 6 |
| 1.2 Exploitation de l'installation..... | 7 |
| 1.3 Production et utilisation..... | 8 |
| 1.4 Modification de l'installation..... | 9 |
| 2. Domaines de sûreté et de réglementation | 11 |
| 2.1 Gestion..... | 11 |
| 2.1.1 Système de gestion | 11 |
| 2.1.2 Gestion du rendement humain | 11 |
| 2.1.3 Rendement en exploitation | 12 |
| 2.2 Installation et équipement..... | 12 |
| 2.2.1 Analyse de la sûreté | 12 |
| 2.2.2 Conception matérielle..... | 13 |
| 2.2.3 Aptitude au service | 13 |
| 2.3 Processus de contrôle fondamentaux..... | 13 |
| 2.3.1 Radioprotection..... | 13 |
| 2.3.2 Santé et sécurité au travail classiques | 15 |
| 2.3.3 Protection de l'environnement | 16 |
| 2.3.4 Gestion des situations d'urgence et mesures d'intervention..... | 16 |
| 2.3.5 Gestion des déchets et des sous-produits..... | 17 |
| 2.3.6 Sûreté nucléaire | 18 |
| 2.3.7 Garanties et non-prolifération..... | 18 |
| 2.3.8 Emballage et transport de substances nucléaires | 19 |
| 3. Autres questions présentant un intérêt du point de vue réglementaire | 19 |
| 3.1 Programme d'information publique | 19 |
| 3.2 Questions propres au site..... | 19 |
| 3.3 Plan d'amélioration et perspectives de l'avenir | 20 |
| 3.4 Objectifs de rendement en matière de sûreté pour l'année suivante | 20 |
| 4. Mot de la fin..... | 20 |
| ANNEXE A | 21 |

RÉSUMÉ

Le réacteur SLOWPOKE-2 de Polytechnique Montréal a été mis en fonction en 1976. En 1997, le combustible du réacteur a été renouvelé et, grâce à son excellent dossier d'exploitation et de sa grande utilité pour la recherche et l'enseignement, Polytechnique Montréal vise une utilisation du réacteur jusqu'en 2036. Le 1^{er} juillet 2016, le permis d'exploitation du réacteur SLOWPOKE-2, PERFP-9A.00/2023, a été remplacé par le permis PERFP-9A.01/2023 afin d'inclure le permis d'exploitation de l'*Assemblage nucléaire non divergent*, le PERFP-9.00/2016. Le 29 et le 30 septembre 2015, cinq employés de la Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN) ont inspecté les deux installations de la Corporation de Polytechnique Montréal. À la suite de cette inspection de conformité de catégorie II, les employés de la CCSN ont émis le *Rapport d'inspection de conformité de type II*, le rapport 15-DLNRR-EPSP-01. Le 7 décembre 2017, un employé de la CCSN a effectué une inspection de conformité de catégorie II des deux installations assujetties au permis PERFP-9A.01/2023, résumée dans le *Rapport d'inspection de conformité de type II*, le EPM-2018-01. Toutes les non-conformités procédurales issues de ces inspections ont été fermées.

De janvier à décembre 2018, le réacteur SLOWPOKE-2 a été utilisé jusqu'à cinq jours par semaine durant les heures normales de travail, soit en moyenne 3 heures par jour. Cette année le réacteur n'a pas été opérationnel de nuit sous surveillance indirecte. Au cours de l'année 2018, le réacteur a été opéré 21 fois sous surveillance indirecte, et ce pour une durée moyenne d'environ 40 minutes. Ce temps correspond aux heures de repas de l'opérateur. L'entretien de routine est effectué une fois par semaine. L'utilisation du réacteur et l'entretien hebdomadaire sont effectués par des opérateurs accrédités par la CCSN.

Nous n'avons eu aucun incident au cours duquel une personne aurait pu être exposée à des rayonnements de nature ou d'une intensité inhabituelle.

Pour l'année 2018, trois nouvelles non-conformités d'exploitation ont été répertoriées et corrigées et les sept non-conformités procédurales de l'année 2017 ont été corrigées.

Entre janvier et décembre 2018, en assurant un encadrement adéquat ainsi qu'en consacrant les ressources humaines et matérielles nécessaires, le titulaire de permis a répondu aux exigences prévues par la Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires, comme indiqué dans le permis d'exploitation ou issues des inspections de la CCSN, de la vérification de la conformité avec le permis d'exploitation, de la vérification de la protection incendie ou celles de la vérification du programme d'assurance de la qualité.

Polytechnique Montréal continue de développer, d'améliorer et d'implanter son programme d'assurance de la qualité, SLO-101 Rev06. Ce document qui gère le programme d'assurance de la qualité a été en révision afin d'inclure l'assemblage non divergent et les actions issues des inspections de la part du personnel de la CCSN. Aussi, afin de répondre aux exigences de la part de la CCSN en matière de rendement et de la gestion des ressources humaines, Polytechnique

Montréal a mis en place un programme amélioré de formation des opérateurs du réacteur en mode manuel et automatique, le document SLO-401. Polytechnique Montréal continue également d'appliquer son programme de la gestion du vieillissement du réacteur SLOWPOKE à travers ses activités de maintenance et d'inspection du réacteur. La nouvelle version du *Manuel d'exploitation*, le document SLO-201 Rev00, inclut les procédures d'opération du réacteur en mode automatique et en mode manuel du document CPSR-362, AECL 1975. Dans l'exploitation du réacteur SLOWPOKE, le titulaire du permis suit ses politiques internes en matière de la protection incendie, de santé-sécurité au travail et de la radioprotection qui sont en conformité avec les normes et les codes provinciaux et fédéraux.

Nous n'avons eu aucun incident au cours duquel une personne aurait pu être exposée à des rayonnements d'une nature ou d'une intensité inhabituelle.

En considérant qu'un flux de neutrons de $10^{11}/\text{cm}^2/\text{s}$ correspond à une puissance de 2 kilowatts, la puissance totale générée pendant l'année civile 2018 est de 7 555 kilowatts-heures.

Conformément au *Programme de formation pour un opérateur du réacteur SLOWPOKE de Polytechnique Montréal, Opération en mode automatique*, le document SLO-401 Rev06, Polytechnique Montréal veille à ce que les membres du personnel possèdent les connaissances, les compétences et les outils nécessaires pour accomplir leurs tâches en toute sécurité.

Pendant l'année civile 2018, Polytechnique avait un opérateur accrédité pour l'opération en mode automatique. Aucun membre du personnel n'a été désigné « travailleur du secteur nucléaire ».

Le renouvellement du permis du réacteur par la CCSN, en juillet 2013, a confirmé la validité de l'analyse de sûreté du réacteur SLOWPOKE de Polytechnique Montréal. Depuis le renouvellement du combustible en 1997, le réacteur SLOWPOKE n'a eu aucune modification ou changement susceptibles d'avoir une incidence sur l'analyse de la sûreté de cette installation, le document RC-1598 Rev.1, AECL 1998. Depuis juillet 2016, la date de révision du permis pour inclure l'assemblage non divergent, aucune modification n'a été faite et donc la validité de l'analyse de sûreté de cette installation reste valide. Les sections du RC-1598 faisant référence à la structure administrative du réacteur SLOWPOKE sont surpassées par les sections similaires du document plus récent SLO-101 Rev06.

Tout le personnel et tous les utilisateurs qui manipulent des radio-isotopes portent des dosimètres TLD vérifiés tous les trois mois. Les rapports d'exposition indiquent que tout le personnel du laboratoire et tous les utilisateurs ont reçu une dose inférieure au seuils d'intervention de 0,50 mSv pendant une période de douze mois. Pour les quatre trimestres de 2018, les rapports de dosimétrie ont indiqué 0,00 mSv pour l'opérateur du réacteur, et 0,00 mSv pour tous les autres dosimètres des utilisateurs autorisés.

Pendant l'année civile de 2018, aucun incident de contamination radioactive qui aurait pu présenter un danger inhabituel n'a été enregistré.

Les programmes de santé et sécurité du travail suivent les politiques de Polytechnique Montréal.

La protection de l'environnement suit les politiques de Polytechnique Montréal en matière de protection de l'environnement.

La gestion des situations d'urgence et mesures d'intervention est assurée par le Service de la sûreté institutionnelle de Polytechnique Montréal en collaboration avec le personnel du réacteur SLOWPOKE. Les *Procédures d'intervention en situation d'urgence-alarme « réacteur nucléaire »*, PMU Volume II, ont été mises à jour le 1^{er} mai 2017. Le Service de la sûreté institutionnelle procède à des vérifications régulières (mensuelles, semi-annuelles et annuelles) de ces systèmes.

Le titulaire du permis a respecté toutes ses obligations reliées au domaine de sûreté et de réglementation « Garanties et non-prolifération » englobant les programmes nécessaires à l'application des obligations prévues par l'accord relatif aux garanties du Canada et de l'AIEA. Une inspection de l'installation à cet égard a été effectuée le 10 novembre 2017 par le personnel de l'AIEA et le personnel de la CCSN. Une autre inspection a été effectuée par le personnel de la CCSN en novembre 2018.

Le titulaire de permis assure que l'emballage et le transport de substances nucléaires se font de façon sûre et conforme aux règlements provinciaux et fédéraux. Un des techniciens du Département de génie physique est formé et accrédité pour cette tâche.

Le réacteur SLOWPOKE et ses installations sont présentés sur le site web de Polytechnique Montréal. Le laboratoire est visité annuellement par plus de deux cents étudiants. Les activités de recherche et d'enseignement qui se déroulent dans le laboratoire sont reconnues internationalement.

Le réacteur SLOWPOKE a un coefficient de température négatif en réactivité qui, combiné avec ses autres caractéristiques de design, lui confère une sûreté intrinsèque. Donc, des manœuvres d'urgence relatives à la criticité nucléaire ne sont pas nécessaires. Toutefois, le réacteur possède un système d'arrêt auxiliaire. Ce système et les procédures associées sont vérifiés et utilisés une fois par année, pendant la formation continue des opérateurs accrédités.

La garantie financière de 2006, telle qu'approuvée par la Commission, selon le plan de déclassement de l'installation, est toujours valide. Entre 2014 et 2018, le titulaire du permis a révisé cette garantie financière en accord avec le nouveau plan de déclassement du réacteur. La nouvelle proposition de garantie financière soumise à la CCSN est en voie de finalisation pour le 30 mai 2019.

1. Introduction

1.1 Introduction générale

Il n'y a aucun point saillant lié à l'exploitation à rapporter pour l'année 2018.

Polytechnique Montréal continue de développer, d'améliorer et d'implanter son programme d'assurance de la qualité et son programme de formation des opérateurs du réacteur. De plus, en 2018, Polytechnique Montréal applique avec diligence son programme de la gestion du vieillissement du réacteur. Dans l'exploitation du réacteur SLOWPOKE, le titulaire du permis suit ses politiques internes en matière de la protection incendie, de la santé et sécurité au travail et de la radioprotection qui sont en conformité avec les normes et les codes provinciaux et fédéraux.

Nous n'avons eu aucun incident au cours duquel une personne aurait pu être exposée à des rayonnements d'une nature ou d'une intensité inhabituelle.

Entre janvier et décembre 2018, trois nouvelles non-conformités d'exploitation ont été répertoriées et corrigées et les sept non-conformités procédurales de l'année 2017 ont été corrigées. Toutefois, à cause du caractère répétitif de deux non-conformités d'exploitation, la dernière de celles-ci a été gardée ouverte. Toutes les non-conformités de la période couverte par ce rapport sont détaillées en ce qui suit.

3 non-conformités d'exploitation :

RNC- 71 : Le 15.06.2018 Manipulation d'un échantillon radioactif sans gants. Contamination individuelle de l'analyste. Lecture du Geiger 44-9 de 1 000 coups par minute. Action immédiate : Vérification sur détecteur HPGe du type de contamination : Na-24 ; Décontamination des mains et recomptage répétitif des doigts (pouce et index de la main gauche); Comptage du Geiger 44-9 en bas de 200 coups par minute qui correspond à une activité maximale de 3 Bq/cm². Action long terme : Formation ALARA de Darren Hall et Cornelia Chilian le 18.06.2018.

Action fermée.

RNC- 72 : Le 06.07.2018. La pompe du système de déminéralisation d'eau de la piscine a ajouté plus de 2 700 litres d'eau dans la piscine parce que la valve électromagnétique est restée ouverte lors d'un ajout d'eau automatique. La non-conformité est arrivée pendant la fin de semaine, ce qui explique la quantité importante d'eau qui a circulé dans la piscine. Tous les systèmes en place pour évacuer l'excès d'eau, flotteurs de niveau et évacuation « trop-plein » ont fonctionné correctement. Dans ces conditions, l'installation du réacteur n'a pas été affectée par la non-conformité. Action immédiate : Fermer la pompe et vérifier le bon fonctionnement de la valve. La valve a été remplacée. Action à long terme : Régénérer les résines du système de déminéralisation de l'eau de la piscine.

Action fermée.

RNC- 73 : Le 11.09.2018. La pompe du système de déminéralisation d'eau de la piscine a ajouté presque 60 000 litres d'eau dans la piscine parce que la valve électromagnétique est restée ouverte lors d'un ajout d'eau automatique. La non-conformité est arrivée pendant la fin de semaine, ce qui explique la quantité importante d'eau qui a circulé dans la piscine. Tous les systèmes en place pour évacuer l'excès d'eau, flotteurs de niveau et évacuation « trop-plein », ont fonctionné correctement. Dans ces conditions, l'installation du réacteur n'a pas été affectée par la non-conformité. Non-conformité répétitive à cause de l'âge du système. Action immédiate : Fermer la pompe et vérifier le bon fonctionnement de la valve. Action à long terme : Régénérer les résines du système de déminéralisation de l'eau de la piscine. Le responsable du réacteur SRC SLOWPOKE-2 a été contacté afin de prendre le nouveau système de déminéralisation d'eau de la piscine de SRC Saskatoon qui prévoit de déclasser son réacteur en 2019. Une lettre d'intention lui a été envoyée par le responsable du réacteur SLOWPOKE-2 de Polytechnique Montréal.

Action ouverte.

1.2 Exploitation de l'installation

Exploitation du réacteur : En considérant qu'un flux de neutrons de $10^{11}/\text{cm}^2/\text{s}$ correspond à une puissance de 2 kilowatts, la puissance totale générée durant l'année 2018 est de 7 555 kilowatts-heures.

Échantillons irradiés qui auraient pu présenter un danger inhabituel : Nous n'avons irradié cette année aucun échantillon qui aurait pu présenter un danger inhabituel.

Vérifications : Nous avons procédé aux vérifications habituelles suivant notre système d'entretien. Les vérifications annuelles pour l'année 2018 ont été effectuées et une copie du registre des vérifications (trois pages) est jointe à ce rapport après l'annexe A.

1.3 Production et utilisation

Le tableau suivant résume les données mensuelles d'opération du réacteur pour l'année civile 2018.

Tableau 1. Données de l'opération du réacteur SLOWPOKE de janvier à décembre 2018

| Mois | Nombre de jours en opération | Nombre d'heures en opération | Flux intégré (x 10 ¹¹ heures) | Nombre d'échantillons irradiés |
|--------------|------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------|
| Janvier | 15 | 61.3 | 303.0 | 632 |
| Février | 10 | 55.5 | 276.8 | 578 |
| Mars | 18 | 70.3 | 350.9 | 559 |
| Avril | 12 | 50.4 | 250.2 | 565 |
| Mai | 17 | 71.8 | 359.1 | 700 |
| Juin | 18 | 73.8 | 367.6 | 657 |
| Juillet | 16 | 60.2 | 290.5 | 484 |
| Août | 21 | 60.8 | 302.1 | 580 |
| Septembre | 13 | 54.5 | 269.9 | 408 |
| Octobre | 11 | 84.1 | 419.4 | 591 |
| Novembre | 19 | 76.3 | 379.6 | 589 |
| Décembre | 10 | 42.7 | 208.5 | 332 |
| TOTAL | 180 | 761.7 | 3 777.6 | 6 675 |

Projets de recherche : La liste des projets de recherche impliquant le réacteur se trouve dans l'annexe A de ce rapport.

Utilisation du mode manuel : Nous n'avons pas opéré le réacteur en mode manuel pendant la période couverte par ce rapport de conformité.

Utilisation du mode automatique sous surveillance indirecte : Cette année le réacteur n'a pas été opérationnel de nuit sous surveillance indirecte. Au cours de l'année 2018, le réacteur a été opéré 21 fois sous surveillance indirecte, et ce pour une durée moyenne d'environ 40 minutes. Ce temps correspond aux heures de repas de l'opérateur. L'entretien de routine est effectué une fois par semaine.

1.4 Modification de l'installation

Modification de l'installation : Pendant l'année civile de 2018, aucune modification du réacteur et de ses systèmes, de sa structure et de ses contrôles n'a été faite.

Réglages de compensation de la réactivité : Du 1^{er} janvier à 31 décembre 2018, aucun réglage de la réactivité du réacteur n'a été fait. Le 31 décembre 2018, après vingt ans et trois mois d'opération avec le nouveau combustible, la puissance utilisée cumulée était $129\,404 \times 10^{11}/\text{cm}^2/\text{s-heure}$ d'opération ou 253 574 kWh.

Tableau 2. Réglages de compensation de la réactivité 1997/2018

| Date | Adjustment | Reactivity | | Cumulative Power | |
|----------|---|------------|---------|---|-------------------|
| | | Before | After | 10 ¹¹ /cm ² / s-hour | kilowatt -hour |
| 97-09-25 | Fuel installed, no Be | ----- | 3,69 mk | 0 | 0 |
| 99-03-30 | Be 1/8 x 1 + 1/16 x 1 added | 1,90 mk | 3,58 mk | 11 595 | 23 190 |
| 00-10-16 | Be 1/4 x 1 added | 2,02 mk | 3,92 mk | 23 187 | 46 374 |
| 02-05-27 | Be 1/4 x 1 added | 2,25 mk | 3,89 mk | 36 565 | 73 131 |
| 03-12-08 | Be 1/16 x 1 removed + 1/8 x 1 removed + 1/4 x 2 removed + 1/2 x 2 added | 2,35 mk | 3,98 mk | 52 593 | 105 186 |
| 06-06-12 | Be 1/8 x 2 added + 1/16 x 1 added | 2,23 mk | 3,91 mk | 73 340 | 146 680 |
| 09-11-02 | Be 1/8 x 1 removed + 1/4 x 2 added | 2,08 mk | 3,86 mk | 96 944 | 193 889 |
| 14-11-25 | Be 1/16 x 1 removed + 1/8 x 1 removed + 1/4 x 2 removed + 1/2 x 2 added | 2,65mk | 3,71mk | 115 649 | 229 468 |
| 15-01-12 | Be 1/16 x 1 added | 3,70 mk | 3,92mk | 116 108 | 230 296 |

2. Domaines de sûreté et de réglementation

2.1 Gestion

2.1.1 Système de gestion

Le système de gestion de Polytechnique Montréal englobe un ensemble de politiques, de processus et de programmes nécessaires pour que l'organisation atteigne ses objectifs de sûreté et qu'elle surveille en permanence son rendement par rapport à ses objectifs, de façon à favoriser une saine culture de sûreté.

Polytechnique Montréal continue de développer, d'améliorer et d'implanter son programme d'assurance de la qualité et son programme de formation des opérateurs du réacteur. Aussi, elle applique et documente son programme de la gestion du vieillissement du réacteur. Dans l'exploitation du réacteur SLOWPOKE, le titulaire du permis suit ses politiques internes en matière de la protection incendie, de la santé et sécurité au travail et de la radioprotection suivant les normes et les codes provinciaux et fédéraux.

2.1.2 Gestion du rendement humain

Grâce à l'élaboration et la mise en œuvre du *Programme de formation pour un opérateur du réacteur SLOWPOKE de l'École Polytechnique, Opération en mode automatique*, le document SLO-401, Rev06, le titulaire du permis veille à ce que les membres du personnel possèdent les connaissances, compétences et outils nécessaires pour accomplir leurs tâches en toute sécurité.

Les vérifications annuelles pour l'année civile 2018 ont été effectuées et une copie du registre des vérifications (trois pages) est jointe à ce rapport après l'annexe A. Cette copie inclut une section qui indique l'accomplissement d'une étape de formation continue des opérateurs accrédités. Le registre complet de formation continue est conservé par le responsable du réacteur.

Le personnel du réacteur SLOWPOKE a été composé par :

Opérateurs en mode automatique :

Cornelia Chilian, responsable et directrice du Laboratoire SLOWPOKE, Département de génie physique
Novembre 2009 – à aujourd'hui

Opérateur en mode manuel et automatique :

Aucun membre du personnel n'y est accrédité.

Utilisateurs autorisés :

Les personnes suivantes ont été autorisées à utiliser seulement les dispositifs d'irradiation d'échantillons en 2018 :

Darren Hall, associé de recherche, Département de génie physique
Décembre 2016 – jusqu'à présent

Jean-Paul Lévesque, technicien, Département de génie physique
Septembre 2010 – jusqu'à présent

Dominic Cappe, technicien, Département de génie physique
Janvier 2018 – jusqu'à présent

Travailleurs du secteur nucléaire :

Aucun membre du personnel n'a été désigné « travailleur du secteur nucléaire ».

2.1.3 Rendement en exploitation

Nous suivons les procédures décrites dans le *Manuel d'Exploitation*, le SLO-201 Rev.00, daté de mars 2019.

L'entretien de routine est effectué une fois par semaine. L'opération du réacteur et l'entretien hebdomadaire sont effectués par des opérateurs accrédités par la CCSN. Environ tous les cinq ans, le réacteur a besoin d'un entretien nucléaire, lors duquel une plaque de béryllium est ajoutée au réflecteur pour ajuster l'excédent de réactivité à une valeur s'approchant de 4 mk. L'entretien nucléaire a été effectué par un ingénieur nucléaire accrédité par la CCSN.

Nous procédons à des vérifications habituelles suivant notre système d'entretien. Les vérifications annuelles pour l'année 2018 ont été effectuées et une copie du registre des vérifications (trois pages) est jointe à ce rapport après l'annexe A.

2.2 Installation et équipement**2.2.1 Analyse de la sûreté**

L'analyse de la sûreté du réacteur SLOWPOKE de Polytechnique Montréal, *Safety Analysis Report for the École Polytechnique Slowpoke-2 Reactor*, RC-1598, Rev.1, March 1998, est une évaluation systématique des risques possibles associés à l'exploitation du réacteur SLOWPOKE, et elle tient compte de l'efficacité des mesures et stratégies préventives dans la réduction des effets de ces risques.

Le renouvellement du permis du réacteur par la CCSN en juillet 2013, précédé par le réexamen de l'analyse de la sûreté du réacteur SLOWPOKE de Polytechnique Montréal, effectué en mars 2011, a confirmé la validité de cette analyse. Depuis le renouvellement du combustible survenu en 1997, le réacteur n'a eu aucune modification ou changement susceptibles d'avoir une incidence sur l'analyse de la sûreté de cette installation. Le *Manuel de l'assurance de la qualité du Laboratoire SLOWPOKE*, le document SLO-101, décrit la mise à jour de la gestion des installations SLOWPOKE et il surpasse les sections du RC-1598, Rev.1, March 1998, faisant référence au système de gestion obsolète de 1998. La liste des sections considérées obsolètes du RC-1598, Rev.1, par rapport au document SLO-101, a été ajoutée dans le dossier du document RC-1598, Rev.1.

2.2.2 Conception matérielle

La conception matérielle générale du réacteur est validée par le responsable du réacteur lors des inspections annuelles et par l'ingénieur nucléaire lors des ajustements de réactivité. De plus, elle est maintenue efficacement à travers les procédures d'entretien hebdomadaires.

Au cours de l'année 2018, il n'y a eu aucun changement à la conception matérielle ou à d'autres activités connexes ayant une incidence sur la capacité des systèmes, structures et composants du réacteur (SSC) à respecter et conserver leur dimensionnement.

2.2.3 Aptitude au service

L'entretien de routine est effectué une fois par semaine. Environ tous les six ans, le réacteur a besoin d'un entretien nucléaire, lors duquel une plaque de béryllium est ajoutée au réflecteur pour ajuster l'excédent de réactivité à une valeur s'approchant de 4 mk. En plus, une activité d'inspection et d'entretien annuelle complète la maintenance du réacteur et de ses SSC. Le système de gestion de non-conformités assure le suivi de tout incident ou défautuosité afin que les mesures correctives soient prises dans les plus courts délais.

Le titulaire de permis a mis en place des mesures pour prévenir le vieillissement et l'obsolescence du réacteur et de ses SSC. La description du programme de gestion de vieillissement a été détaillée dans la lettre envoyée à la CCSN le 10 août 2012.

2.3 Processus de contrôle fondamentaux

2.3.1 Radioprotection

La radioprotection est assurée à travers les procédures du programme de radioprotection corporatif de Polytechnique Montréal ainsi qu'à l'aide des procédures de radioprotection spécifiques au réacteur SLOWPOKE du *Manuel d'exploitation du réacteur*. Les données résumées en ce qui suit démontrent que le programme de radioprotection actuel est très efficace. Toutefois, le titulaire de permis, soutenu par son officier en radioprotection, veille à ce que toute mesure raisonnable soit

implantée afin d'atteindre le niveau d'exposition aux rayonnements le plus faible qu'il soit raisonnablement possible.

Rayonnement : Les niveaux de rayonnement sont mesurés tous les lundis matin dans la salle du réacteur et dans le laboratoire. Un niveau maximum de 0,03 mR/h a été mesuré devant la table de préparation des échantillons radioactifs dans la salle de comptage du laboratoire d'analyse par activation neutronique. Le niveau de rayonnement en contact avec la cartouche de l'unité de purification de l'eau du réacteur et après la purification de l'eau du réacteur est de 5,541 mR/h en moyenne cette année; un niveau maximum de 14,650 mR/h a été mesuré à cet endroit.

Dosimétrie : Tout le personnel et tous les utilisateurs qui manipulent des radio-isotopes portent des dosimètres TLD vérifiés tous les trois mois. Pour les quatre trimestres de 2018, le rapport de dosimétrie du principal opérateur du réacteur a indiqué 0,00 mSv et les autres rapports de dosimétrie ont indiqué 0,00 mSv pour tous les autres porteurs de dosimètres du laboratoire.

Contamination radioactive : Des vérifications hebdomadaires sont effectuées pendant l'entretien hebdomadaire. Entre janvier et décembre 2018 aucun incident de contamination radioactive n'a été enregistré.

Formation en radioprotection : Tous les membres du personnel ont une formation en radioprotection à jour qui est renouvelée tous les trois ans.

Rendement des appareils à rayonnement et des instruments de détection du rayonnement : Par une compagnie externe accréditée et pendant les activités d'entretien hebdomadaires, mensuelles et annuelles, selon les procédures approuvées d'exploitation du réacteur.

Inventaire des sources radioactives : seules les sources dont l'activité dépasse 1 kBq sont indiquées dans le Tableau 3.

Tableau 3. Inventaire des sources radioactives

| Description de la source | No. | Nuclide | Activité | Date |
|--|-------------|------------------|----------|------------|
| Cylindre de métal, pour la vérification des moniteurs | CS-120 | Cs-137 | 182 MBq | 2010.09.30 |
| Anneau de métal, pour l'étalonnage des moniteurs de zone (30 mR/h) | 102 | Ra-226 | 3,6 MBq | 2010.09.30 |
| Source standard de calibration multi-gamma ray, Canberra | MGS-1 | Eu-152, 153, 154 | 32 kBq | 2010.06.30 |
| Pastille en résine, pour la vérification des détecteurs au germanium | | Eu-152 | 12,3 kBq | 2010.09.30 |
| Fil de métal, pour la vérification des détecteurs au germanium | Co1 | Co-60 | 3,8 kBq | 2010.09.30 |
| Fil de métal, pour la vérification des détecteurs au germanium | Co2 | Co-60 | 8,6 kBq | 2010.09.30 |
| Fil de métal, pour la vérification des détecteurs au germanium | Co3 | Co-60 | 10,4 kBq | 2010.09.30 |
| Fil de métal, pour la vérification des détecteurs au germanium | Co4 | Co-60 | 181 kBq | 2010.09.30 |
| Plaques de béryllium, ajustement de la réactivité du réacteur | | Co-60 | 323 MBq | 2010.09.30 |
| Source de neutrons Americium-241/Béryllium | AMN300 2983 | Am-241 | 11,1 GBq | 1973.02.05 |
| Source de neutrons Americium-241/Béryllium | AMN300 2984 | Am-241 | 11,1 GBq | 1973.02.05 |
| Source de neutrons Americium-241/Béryllium | AMN30 3018 | Am-241 | 1,1 GBq | 1972.04.17 |
| Source de neutrons Radium-226/Béryllium | | Ra-226 | 18,5 GBq | 1972 |

2.3.2 Santé et sécurité au travail classiques

Les programmes de santé et sécurité au travail suivent les politiques de Polytechnique Montréal. Le comité SST du Département de génie physique se réunit une fois par trimestre et effectue une inspection annuelle SST de toutes les installations du Département.

2.3.3 Protection de l'environnement

La protection de l'environnement suit les politiques de Polytechnique Montréal en matière de protection de l'environnement.

Rejets à l'environnement :

Nous avons deux types de rejets à l'environnement de substances radioactives :

- 1) rejets à l'atmosphère d'argon radioactif des systèmes d'irradiation ;
- 2) rejets à l'atmosphère de produits de fission.

Les émissions de gaz radioactifs sont calculées par les formules suivantes:

émissions Ar-41 (MBq) = nombre de kWh d'opération du réacteur x 0,786

émissions hebdomadaires Xe-133 (MBq) = concentration Xe-133 dans l'eau (kBq/L) x 0,41

émissions hebdomadaires Xe-135 (MBq) = concentration Xe-133 dans l'eau (kBq/L) x 0,16

Ainsi, nous avons calculé les émissions pour les 52 semaines entre le 1^{er} janvier 2018 et le 31 décembre 2018. Les émissions hebdomadaires moyennes pour cette période sont montrées dans le tableau suivant :

Tableau 4. Émissions hebdomadaires moyennes de gaz radioactifs

| Nuclide | Demi-vie | Émissions moyennes par semaine jan. à déc. 2018 |
|---------|----------|---|
| Ar-41 | 1.82 h | 114 MBq |
| Xe-133 | 5.24 j | 0,61 MBq |
| Xe-135 | 9.10 h | 0,24 MBq |

2.3.4 Gestion des situations d'urgence et mesures d'intervention

La gestion des situations d'urgence et mesures d'intervention est assurée par le Service de la sûreté institutionnelle de Polytechnique Montréal en collaboration avec le personnel du réacteur SLOWPOKE.

Un ensemble de procédures corporatives et spécifiques au réacteur SLOWPOKE est en place. Dernièrement, Polytechnique Montréal a modernisé son système de surveillance en cas d'infraction et d'alarme d'incendie et a ajusté toutes les procédures d'intervention en situation

d'urgence-alarme en relation avec le réacteur nucléaire (intrusion, incendie ou radiation). Les *Procédures d'intervention en situation d'urgence-alarme « réacteur nucléaire »*, PMU Volume II, ont été mises à jour le 1^{er} mai 2017. Le Service de sûreté institutionnelle procède à des vérifications régulières (mensuelles, semi-annuelles et annuelles) de ces systèmes.

Des exercices d'évacuation sont effectués annuellement avec la participation du Service de sécurité incendie de Montréal.

Le plan de sécurité pour le réacteur SLOWPOKE de Polytechnique Montréal a été révisé et soumis à la CCSN en novembre 2012. L'inspection de sécurité effectuée par le personnel de la CCSN en novembre 2012 et le rapport d'inspection envoyé en décembre 2012 n'ont relevé aucune déficience dans le système de sécurité des installations du réacteur SLOWPOKE. La dernière revue de l'ensemble du plan de sécurité de l'installation SLOWPOKE-2 de Polytechnique Montréal a été effectuée en avril 2016.

Nous avons procédé aux vérifications habituelles suivant notre système d'entretien. Les vérifications annuelles pour l'année 2018 ont été effectuées et une copie du registre des vérifications (trois pages) est jointe à ce rapport après l'annexe A.

2.3.5 Gestion des déchets et des sous-produits

Les substances radioactives produites par le réacteur se classent en trois catégories générales :

1. les produits de fission et d'activation du réacteur ;
2. les substances irradiées dans les sites d'irradiation ;
3. l'argon activé dans l'air des tubes des systèmes d'irradiation.

Les produits de fission et d'activation du réacteur s'accumulent dans le combustible et les autres pièces du réacteur, mais une faible fraction de ceux qui sont produits à la surface de ces pièces peut se trouver dans l'eau du réacteur. Parmi les produits de fission, les gaz nobles peuvent quitter l'eau pour se trouver dans l'air au-dessus. Lors de l'entretien hebdomadaire, l'eau du réacteur est purifiée et des produits de fission sont captés par les résines du système de purification. Ce système fonctionne avec les mêmes résines depuis le changement du combustible du réacteur en 1997; il n'y a aucune autre résine radioactive stockée au laboratoire. Le radionuclide le plus important dans les résines est le Cs-137. Nous estimons que les résines contenaient 40 MBq de Cs-137 au 31 décembre 2018.

Les substances irradiées dans les sites d'irradiation et contenues dans des capsules d'irradiation sont manipulées par le personnel du laboratoire afin de mesurer leurs activités. Après les mesures, pouvant durer jusqu'à un mois, les capsules contenant des radionuclides de période longue sont placées dans le baril de déchets radioactifs de 180 litres. L'activité totale de 1 481 kBq des déchets radioactifs accumulés au 31 décembre 2018 est détaillée dans le tableau suivant.

Tableau 5. Inventaire du baril de déchets radioactifs au 31 décembre 2018

| Nuclide | Activité (kBq) |
|---------|----------------|
| Sc-46 | 28.3 |
| Mn-54 | 1.2 |
| Fe-59 | 4.0 |
| Co-60 | 162.2 |
| Zn-65 | 170.7 |
| Se-75 | 3.2 |
| Ag-110m | 7.3 |
| Sb-124 | 304.8 |
| Cs-134 | 0.8 |
| Eu-152 | 19.8 |
| Ta-182 | 7.3 |
| Ir-192 | 771.9 |

2.3.6 Sûreté nucléaire

Entre janvier et décembre 2018, en assurant un encadrement adéquat ainsi qu'en consacrant les ressources humaines et matérielles nécessaires, le titulaire de permis a répondu aux exigences prévues par la Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires, comme indiqué dans le permis d'exploitation ou issues des inspections de la CCSN, de la vérification de la conformité avec le permis d'exploitation, de la vérification de la protection incendie ainsi que de la vérification du programme d'assurance de la qualité.

Polytechnique Montréal continue de développer, d'améliorer et d'implanter son programme d'assurance de la qualité et son nouveau programme de formation des opérateurs du réacteur. Aussi, Polytechnique a détaillé et soumis à la CCSN son programme de la gestion du vieillissement du réacteur. Dans l'exploitation du réacteur SLOWPOKE, le titulaire du permis suit ses politiques internes en matière de la protection incendie, de la santé et sécurité au travail et de la radioprotection qui sont en conformité avec les normes et les codes provinciaux et fédéraux.

2.3.7 Garanties et non-prolifération

Le titulaire du permis a respecté toutes ses obligations reliées au domaine de sûreté et de réglementation « Garanties et non-prolifération » englobant les programmes nécessaires à l'application des obligations prévues par l'accord relatif aux garanties du Canada et de l'AIEA. Une inspection de l'installation à cet égard a été effectuée le 10 novembre 2018 par le personnel de l'IAEA et le personnel de la CCSN. Une autre inspection a été effectuée par le personnel de la CCSN en novembre 2018.

2.3.8 Emballage et transport de substances nucléaires

Le titulaire de permis assure que l'emballage et le transport de substances nucléaires se font de façon sûre et conforme aux règlements provinciaux et fédéraux. Un des techniciens du Département de génie physique est formé et accrédité pour cette tâche.

Les radio-isotopes produits pour usages externes au laboratoire SLOWPOKE entre janvier et décembre 2018 sont résumés dans le Tableau 6.

Tableau 6. Substances radioactives expédiées entre janvier et décembre 2018

| Isotopes | Activité | Utilisation |
|----------|---------------|--|
| Sc-46 | 5 MBq chacune | 3 billes contenant du scandium. Traceur radioactif. Département de génie chimique. Polytechnique Montréal, permis interne 30.2 |
| Na-24 | 0 MBq chacune | 1 capsule contenant de l'antimoine. Université de Montréal, permis interne PHY-520 |

3. Autres questions présentant un intérêt du point de vue réglementaire

3.1 Programme d'information publique

Le réacteur SLOWPOKE et ses installations sont présents sur le site web de Polytechnique Montréal. Le laboratoire est visité par plus de deux cents étudiants par année. L'activité de recherche et d'enseignement qui se déroule dans le laboratoire est reconnue internationalement. Le *Programme d'information et de divulgation publique pour le réacteur SLOWPOKE-2 de Polytechnique Montréal* a été finalisé le 8 février 2017. Le département de génie physique de Polytechnique Montréal a modifié son site internet et la page du Laboratoire SLOWPOKE inclut maintenant le protocole de divulgation publique (PIDP) pour le réacteur SLOWPOKE-2 de Polytechnique Montréal.

3.2 Questions propres au site

Le réacteur SLOWPOKE a un coefficient de température négatif en réactivité qui, combiné avec ses autres caractéristiques de design, lui confère une sûreté intrinsèque. Donc, des manœuvres d'urgence relatives à la criticité nucléaire ne sont pas nécessaires. Toutefois, le réacteur possède un système d'arrêt auxiliaire. Ce système et les procédures associées sont vérifiés et utilisés une fois par année pendant la formation continue des opérateurs accrédités. Nous n'avons enregistré aucun incident nécessitant l'utilisation du système d'arrêt auxiliaire.

La garantie financière de 2006, telle qu'approuvée par la Commission et selon le plan de déclassement de l'installation, est toujours valide. Entre 2014 et 2019, le titulaire du permis a révisé la garantie financière en accord avec le nouveau plan de déclassement du réacteur. La nouvelle proposition de garantie financière soumise à la CCSN est en voie de finalisation pour mai 2019.

3.3 Plan d'amélioration et perspectives d'avenir

Prendre et installer le nouveau système de déminéralisation d'eau de la piscine du réacteur SLOWPOKE-2 de SRC Saskatoon qui prévoit de déclasser son réacteur en 2019. À ce sujet, en novembre 2018, une lettre d'intention a été envoyée au responsable du réacteur SLOWPOKE de SRC par le responsable du réacteur SLOWPOKE-2 de Polytechnique Montréal.

Déclasser l'Assemblage non divergent de Polytechnique Montréal et disposer le combustible uranium naturel avec la participation des Laboratoires nucléaires canadiens de Chalk River, ou transférer l'Assemblage à une autre université comme University of Ontario Institute of Technology. En 2018, les deux institutions mentionnées ici ont envoyé leurs représentants à Polytechnique Montréal afin d'inspecter l'Assemblage.

3.4 Objectifs de rendement en matière de sûreté pour l'année suivante

Polytechnique Montréal a mis en place les politiques, les mesures et les procédures nécessaires à l'exploitation sécuritaire du réacteur, conformément aux exigences prévues par la *Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires* et le *Règlement sur les installations nucléaires de catégorie I*, et les autres règlements qui s'appliquent, notamment dans les domaines de sûreté et de réglementation. Pour 2018, Polytechnique Montréal se propose de maintenir ses politiques et procédures afin de continuer l'exploitation sécuritaire de son réacteur SLOWPOKE-2 et de l'Assemblage nucléaire non divergent.

4. Mot de la fin

Polytechnique Montréal exploite le réacteur SLOWPOKE-2 et l'Assemblage nucléaire non divergent de façon sécuritaire et en conformité avec la loi depuis 1976. L'Assemblage nucléaire non divergent est en conservation et le réacteur SLOWPOKE-2 est exploité selon les conditions du nouveau permis PERFP-9A.01/2023, permis qui expirera le 30 juin 2023.

Polytechnique Montréal s'engage à continuer d'améliorer ses procédures d'exploitation et de gestion du réacteur afin de répondre aux exigences prévues par la *Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires* et le *Règlement sur les installations nucléaires de catégorie I*, et les autres règlements qui s'appliquent.

ANNEXE A**Projets de recherche de janvier à décembre 2018****Génie physique**

Charge carrier transport properties of eumelanin thin films for bioelectronic applications, Eduardo Di Mauro, Clara Santato, Département de génie physique, Polytechnique Montréal

Understanding backgrounds and thresholds to optimize searches for dark matter, Alan Robinson, Fermilab, Université de Montréal

SLOWPOKE Automated Irradiation and Counting, Cornelia Chilian, Département de génie physique, Polytechnique Montréal

Correcting Gamma-Ray Self-Attenuation in NAA, Darren Hall, Cornelia Chilian, Département de génie physique, Polytechnique Montréal

Commissioning Rod Assembly for SLOWPOKE-2 Reactor, Cyril Koclas, Cornelia Chilian, Département de génie physique, Polytechnique Montréal

Xe-135 and the Life Expectancy of SLOWPOKE-2 Reactor, Cornelia Chilian, Département de génie physique, Polytechnique Montréal

Génie chimique

Controllable Break up of Agglomeration: Towards stable nanoparticles, Hamed Nasri Lari, J. Chaouki, Département de génie chimique, Polytechnique Montréal

Vers un recyclage absolu des déchets plastiques à l'aide d'une technologie novatrice nommée pyrolyse micro-ondes assistée. Philippe Leclerc, J. Chaouki, Département de génie chimique, Polytechnique Montréal.

Recyclage des cartes de circuit imprimées à l'aide de pyrolyse par micro-ondes. Khalil Mohamed, J. Chaouki, Département de génie chimique, Polytechnique Montréal.

L'évaluation des émulsions pour la séparation sélective des particules fines des mélanges en poudre et leurs applications dans la séparation des terres rares, Rahi Avazpour, J. Chaouki, Département de génie chimique, Polytechnique Montréal

Extraction des terres rares et séparation des éléments radioactifs, Adrián Carrillo García, J. Chaouki, Département de génie chimique, Polytechnique Montréal

Métallurgie et Matériaux

Nouveaux matériaux et structures fonctionnels à l'échelle nanométrique pour des applications biomédicales et dans le domaine de l'énergie. M. Dongling, INRS-Énergie

Dépôt de nanoparticules de cuivre sur des nanoflocons de graphène pour applications d'électro-réduction du CO₂. Ulrich Legrand, McGill University

Agriculture et Agroalimentaire

A Nutritious Modern Pemmican. Phase I. Agriculture et Agroalimentaire Canada. Tania Ngapo, Centre de recherche et de développement de Saint-Hyacinthe

Registre des Vérifications Annuelles

2018

| | | C. Chilian | | |
|-----------------------------------|----------|------------|------------------------|--|
| Opération (démarrage et arrêt) | premier | 18/03/27 | | |
| | deuxième | 18/12/10 | | |
| Entretien hebdomadaire | premier | 18/01/22 | | |
| | deuxième | 18/08/15 | | |
| Arrêt auxiliaire | | 2018/12/18 | Tension Loren Holl | |
| | | 2018/12/18 | opérateur en formation | |
| | | 2018/12/18 | | |
| 10 capsules Cd en bon état | | correct | Cordelia Chilian | |

| | |
|--|------------|
| Vérification du contenu de l'ensemble de décontamination | 2018/12/10 |
|--|------------|

| | |
|---|----------------|
| Vérification système avertisseur incendie | Septembre 2018 |
| Vérification des extincteurs portatifs FS | mensuellement |
| Vérification des gicleurs | Septembre 2018 |

| Vérification des champs de rayonnement | | | |
|--|---|------------|----------------|
| | | Date | Lecture (mR/h) |
| Salle du réacteur | à 50cm des blocs côté sud réacteur à 20kW | 2018/12/10 | 0.442 mR/h |
| | autre (maximum) (préciser où) | 2018/03/26 | 14.65 mR/h |
| Salle de comptage | au dessus de la zone de stockage des plaques de Be | 2018/12/10 | 0.04 mR/h |
| | autre (maximum) (préciser où) | 2018/09/06 | 0.03 mR/h |
| Aire de stockage des déchets radioactifs | à la surface du baril | 2018/12/10 | 3.215 mR/h |

systeme purification
cote du réacteur

table des
ichartillons
radioactifs

Registre des Vérifications Annuelles 2018

| Étalonnage des détecteurs de rayonnement | | | | |
|--|--------------|------------------|------------|------------|
| Moniteurs portatifs | | | | |
| Marque | Modèle | No. de série | Date | |
| Victoreen | 491 | sonde 135-35 | 2018/02/28 | |
| Ludlum | 177 | 158157 | 2018/02/28 | |
| Ludlum | 177 | 158185 | 2018/02/28 | |
| S.E. Instrumentation Inc. | Digilert 50 | 50828 | 2018/02/28 | |
| S.E. Instrumentation Inc. | Digilert 200 | 61484 | 2018/02/28 | |
| Moniteurs de zone | | | | |
| Marque | Modèle | Zone | Lecture | Date |
| Victoreen | 855 | réacteur | 30 uR/h | 2018/12/10 |
| Victoreen | 855 | pièce | 32 uR/h | 2018/12/10 |
| Victoreen | 855 | déminéralisateur | 30 uR/h | 2018/12/10 |

Alarmes intrusion - vérifier deux fois par année

| Date | Alarmes des portes | | | Détecteurs de mouvement | Responsable Signature, commentaires |
|-----------------------------------|--------------------|------------|------------|-------------------------|---|
| premier janvier - juin | B277.5 | C230.4 | B277.5.3 | B277.5.1 | <i>Alarmes fonctionnelles</i> <i>Cosuelia Cluettan</i> |
| | 2018/02/15 | 2018/02/15 | 2018/02/15 | 2018/02/15 | |
| | B277.5.7 | | B277.5.5 | B277.5.3 | |
| | 2018/02/15 | | 2018/02/15 | 2018/02/15 | |
| deuxième juillet - décembre | B277.5 | C230.4 | B277.5.3 | B277.5.1 | <i>Alarmes fonctionnelles</i> <i>Cosuelia Cluettan</i> |
| | 2018/09/19 | 2018/09/19 | 2018/09/19 | 2018/09/19 | |
| | B277.5.7 | | B277.5.5 | B277.5.3 | |
| | 2018/09/19 | | 2018/09/19 | 2018/09/19 | |

Registre des Vérifications Annuelles

2018

| Date | Inspection de la piscine | |
|---|---|--------------|
| 18/12/10 | | |
| Ouvrir trois blocs de béton | | Observations |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Nettoyage de la surface de l'eau | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Les tubes menant au serpentin | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Le moteur de la barre de commande et les connexions électriques | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Le câble de la barre de commande | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Les flotteurs pour le niveau d'eau de la piscine (test de fonctionnement) | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Les connecteurs entre les tubes d'irradiation en polyéthylène et les tubes en aluminium (test d'étanchéité) | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | La paroi de la piscine | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | L'extérieur de la cuve | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | La structure de support de la cuve | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Trou de trop-plein d'eau | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Étalonnage moniteur "réacteur" | 30 mR/h |
| <p>Faite par Cornelia Chulian avec Darren Hall, Cyril Kodas et Jean-Paul Jevrque.</p> | | |