



Amélioration d'un analyseur de vapeur en ligne pour la récupération améliorée du pétrole lourd par voie thermique

Rapport définitif

**Projet externe de l'Initiative écoÉNERGIE sur l'innovation
UOSE045 2015-2016**

14 novembre 2016

Dénégation de responsabilité

La Petroleum Technology Alliance Canada (PTAC), la Luxmux Technology Corporation et l'Agar Canada Corporation n'offrent aucune garantie, représentation ou allégation quant à la validité, l'exactitude, la fiabilité, l'opportunité, l'intégralité ou autre qualité de l'information contenue dans le présent rapport, et ne sauraient être tenus responsable d'aucune réclamation ou aucun dommage direct, indirect, spécial, consécutifs ou découlant par ailleurs de l'interprétation, de la fiabilité ou de toute autre utilisation, autorisée ou non, de cette information. Les documents et renseignements contenus dans le présent rapport sont fournis uniquement aux conditions établies aux présentes. Aucune partie du présent rapport ne peut être copiée, reproduite, publiée à nouveau, téléchargée, affichée, transmise ou distribuée de quelque façon que ce soit, sauf indication contraire dans le présent rapport, ou sauf à des fins d'utilisation personnelle ou à l'intérieur de la compagnie.

Table des matières

1	Sommaire exécutif	4
2	Introduction	6
3	Contexte.....	6
4	Objectifs	9
4.1	Objectif 1 – Conception générale et technique du système de chaudière à double corps 9	
4.2	Objectif 2 – Construction et mise en service du système de chaudière à double corps	9
4.3	Objectif 3 – Exécution des essais de l’analyseur de qualité de vapeur dans des conditions représentatives de l’exploitation des sables bitumineux par la vapeur.....	9
5	Résultats du projet.....	9
5.1	Réalisations du projet.....	9
5.1.1	Réalisation 1 – Conception, construction, mise en service et exploitation du système de chaudière à double corps	9
5.1.2	Réalisation 2 - Démonstration du rendement de l’analyseur de qualité de vapeur dans des conditions représentatives de l’exploitation des sables bitumineux par la vapeur 10	
5.2	Avantages	10
5.2.1	Avantage 1 – Disponibilité du système de chaudière à double corps et d’une infrastructure d’innovation.....	10
5.2.2	Avantage 2 – Réduction des GES au Canada	10
5.3	Objectifs en matière de développement de la technologie et des connaissances	12
5.3.1	Conception générale et technique du système de chaudière à double corps	12
5.3.2	Construction et mise en service du système de chaudière à double corps	13
5.3.3	Utilisations initiales du système de chaudière à double corps et essais en matière de rendement de l’analyseur de qualité de vapeur	14
5.4	Défis et obstacles	15
5.4.1	Défi/obstacle 1 – Besoin d’essais sur le terrain	15
5.5	Analyse différenciée selon les sexes	15
6	Conclusion et suivi	15
6.1	Prochaines étapes	16

1 Sommaire exécutif

Ce projet vise à améliorer l'efficacité énergétique et à réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) et la consommation d'eau lors de l'exploitation thermique in situ des sables bitumineux. Plus précisément, le projet représente une progression sur la courbe de développement de la technologie de l'analyseur de qualité de vapeur en ligne mis au point par la Luxmux Technology Corporation et l'Agar Canada Corporation. L'analyseur de qualité de vapeur permettra aux compagnies d'exploitation des sables bitumineux d'employer une vapeur de plus grande qualité, réduisant ainsi la quantité de carburant nécessaire pour produire la même quantité de vapeur et se traduisant par une consommation d'eau et des émissions de GES moindres.

Le projet s'appuie sur les travaux antérieurs de validation de principe et de développement à l'échelle du laboratoire réalisés par Luxmux et Agar. La portée du projet consistant à concevoir, construire, mettre en service et exploiter un système de chaudière à double corps permettant de mettre à l'essai l'analyseur de qualité de vapeur dans des conditions représentatives de l'exploitation des sables bitumineux par la vapeur. Le projet comprenait également la mise à l'essai initiale de l'analyseur de qualité de vapeur au moyen du système de chaudière à double corps.

La première phase du projet englobait la conception intégrale du système de chaudière à double corps. Cela comprenait une étude technique détaillée, des diagrammes des opérations, des schémas de procédé et d'instrumentation, des paramètres d'écoulement, des paramètres d'utilisation et toutes les autres mesures requises par le système pour valider la qualité de la vapeur.

La deuxième phase consistait à livrer un système de chaudière à double corps construit, mis en service et fonctionnel. Cela comprenait l'achat des matériaux, la construction, la mise en service et la validation du contrôle du circuit en fonction du design tout en respectant l'ensemble des critères de sécurité pour l'exploitation du circuit. Une étude du risque et de l'exploitabilité (*Hazard and Operability – HAZOP*) a été réalisée avant la construction.

La troisième phase consistait à exécuter les essais préliminaires au moyen du système de chaudière à double corps afin de démontrer que l'analyseur de qualité de vapeur fonctionnerait bien dans des conditions représentatives de l'exploitation des sables bitumineux par la vapeur.

Le projet a réussi à réaliser ses objectifs, soit la conception, la construction, la mise en service et l'exploitation initiale du système de chaudière à double corps ainsi que les tests de rendement préliminaires de l'analyseur de qualité de vapeur dans des conditions représentatives de l'exploitation des sables bitumineux par la vapeur. Les essais se poursuivent pour améliorer encore l'efficacité du système de chaudière à double corps et le rendement de l'analyseur de qualité de vapeur.

Une fois le projet achevé, on bâtira un ensemble de données complet pour démontrer le rendement de l'analyseur de qualité de vapeur dans des conditions représentatives de l'exploitation des sables bitumineux par la vapeur afin de convaincre les exploitants des sables bitumineux d'offrir des sites de démonstration sur le terrain.

La démonstration de l'analyseur de qualité de vapeur sur des sites d'exploitation des sables bitumineux suivra, afin de prouver la fiabilité et l'exactitude de l'analyseur de qualité de vapeur dans des conditions d'exploitation réelles.

2 Introduction

Ce rapport présente un compte-rendu final sur le projet *Amélioration d'un analyseur de vapeur en ligne pour la récupération améliorée du pétrole lourd par voie thermique*, entrepris par la Petroleum Technology Alliance Canada (PTAC) en collaboration avec la Luxmux Technology Corporation, l'Agar Canada Corporation et un grand producteur de sables bitumineux. Le projet s'est déroulé entre le 4 novembre 2014 et le 30 juin 2016.

Le projet s'appuie sur les travaux antérieurs de validation de principe et de développement à l'échelle du laboratoire réalisés par Luxmux et Agar. Le prototype était constitué d'un boîtier à l'épreuve des explosions et d'une sonde insérable et rétractable, couplée au capteur à laser photonique de Luxmux pour mesurer la taille des gouttelettes d'eau dans un courant de vapeur. Les essais à l'échelle du laboratoire utilisaient de la vapeur issue de l'évaporation d'eau d'un flacon et refroidie à l'air de même que la vapeur produite par une marmite autoclave. L'extrait du spectre interprété par l'algorithme de priorité de Luxmux convertissait les données spectrales et mesurait avec exactitude la taille des gouttelettes dans le courant de vapeur en utilisant une lumière quasi-infrarouge. Ces essais à l'échelle du laboratoire ont prouvé qu'il est possible de mesurer la qualité de la vapeur par la photonique.

Ce projet avait pour but de mettre à l'essai l'analyseur de qualité de vapeur et d'en démontrer le rendement dans des conditions représentatives de l'exploitation des sables bitumineux, soit dans un courant de vapeur à températures et pressions élevées.

Les 3 phases du projet étaient les suivantes :

1. Phase 1. Conception du circuit de vapeur: Conception et examen technique du système proposé de vapeur en circuit fermé.
2. Phase 2. Construction du circuit de vapeur: Construction et mise en service du système de vapeur en circuit fermé.
3. Phase 3. Mise à l'essai et validation de l'analyseur de vapeur: Mise au point complète de l'analyseur, qui comprend la sonde à insérer, la mise à l'essai de l'analyseur de qualité du système dans le circuit de vapeur et la démonstration de la capacité de cette technologie de lire la qualité de la vapeur, elle-même validée en fonction de la qualité réelle de la vapeur dans le circuit de vapeur.

Le présent rapport décrit la méthodologie et les résultats du projet, tel qu'exécuté.

3 Contexte

Le Canada possède 174 milliards de barils de pétrole, dont 169 milliards se trouvent dans des sables bitumineux. Cela donne au « Canada la troisième réserve de pétrole prouvée au monde ». Pour les exploitations sur place couramment appelées opérations de récupération

améliorée du pétrole lourd par voie thermique, on produit de la vapeur que l'on injecte dans le sol pour réduire la viscosité du pétrole, de sorte qu'il soit possible de l'extraire. En 2015, la production de pétrole par voie thermique au Canada était de 1,2 million de barils par jour (bjj) et exigeait environ 2 milliards de kg de vapeur par an, produits par quelque 191 générateurs de vapeur, ce qui a entraîné la production d'environ 11 % des émissions de GES totales du Canada par la combustion de gaz naturel pour produire cette vapeur. On prévoit que la production de pétrole, la production de vapeur et le nombre de générateurs de vapeur en fonction augmenteront en raison des projets qui sont déjà en construction. Le drainage par gravité au moyen de vapeur (DGMV) est la technologie dominante pour la production sur place de sables bitumineux.

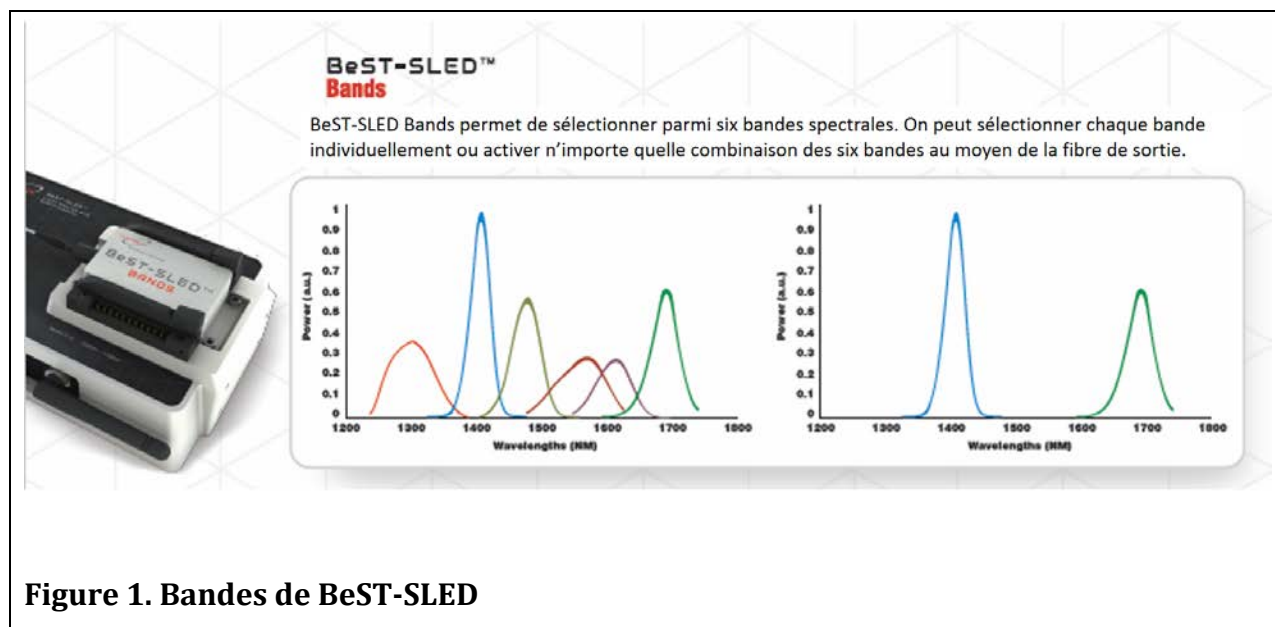
La qualité de la vapeur est une mesure de la proportion gaz-liquide dans la vapeur. La « chaleur » ou l'énergie réelle souhaitée aux fins de production réside dans la proportion de vapeur et, par conséquent, on souhaite la qualité de vapeur maximale pour produire du pétrole lourd le plus efficacement possible en produisant le moins possible d'émissions de GES et en consommant le moins d'eau possible. Dans les exploitations de pétrole lourd, la qualité de vapeur maximale permise pour éviter la rupture du tube de chaudière est d'environ 80 % pour les générateurs de vapeur à passage direct (*Once Through Steam Generators* – OTSG), qui représentent la technologie de générateur de vapeur la plus couramment utilisée dans les sables bitumineux. La raison de cette limite est que l'organisme de réglementation de l'énergie de l'Alberta (*Alberta Energy Regulator* – AER) limite la quantité d'eau douce, généralement saumâtre que les producteurs sont autorisés à utiliser et à éliminer, ce qui oblige généralement les producteurs à recycler plus de 85 % de l'eau produite. L'eau doit donc être traitée et les contaminants comme l'huile, la silice et la dureté doivent être enlevés pour que l'eau soit suffisamment propre pour être renvoyée dans l'OTSG. Cette eau recyclée traitée peut toutefois toujours contenir certains contaminants qui mettraient en danger l'OTSG. Ainsi, la limite de qualité de vapeur de 80 % de la ligne directrice est appliquée pour permettre à l'OTSG de composer de façon sécuritaire avec un certain niveau de contamination résiduelle.

Actuellement, la qualité de la vapeur est mesurée à la main, ce qui signifie une périodicité et des délais entre les mesures et les correctifs potentiels. Un analyseur de qualité de vapeur en ligne permettrait aux producteurs de faire fonctionner les OTSG de manière plus efficace et d'améliorer la qualité de la vapeur, et par conséquent de réduire les émissions de GES et les besoins en eau.

On peut estimer les avantages environnementaux en calculant l'enthalpie de l'eau d'alimentation et l'enthalpie de la vapeur produite afin d'en déduire la quantité de chaleur appliquée au système. Si le calcul est réalisé pour un système produisant un débit de vapeur de 124 800 kg/h, on peut calculer qu'un système fonctionnant à 76 % de qualité aura besoin de 79,82 MW alors qu'un système fonctionnant à 80 % de qualité n'aura besoin que de 78,31 MW pour produire la même quantité de vapeur. Autrement dit, pour une quantité de pétrole

donnée, les exploitations à 76 % de qualité ont besoin de 8 211 kg/h d'eau de plus que les exploitations à 80 % de qualité. Les exploitations ont généralement besoin de 15 % d'eau d'appoint, ce qui permettra des économies de 9 517 m³/an en utilisant l'analyseur en ligne pour fonctionner à 80 % de qualité de vapeur. On peut calculer les réductions des émissions atmosphériques pour une réduction de 1,51 MW de la chaleur requise pour un système fonctionnant à 80 % de qualité par rapport à un autre système fonctionnant à 76 % de qualité : d'après les facteurs d'émission pour la combustion de gaz naturel afin de produire de la vapeur, on s'attend aux réductions suivantes des émissions pour chaque chaudière : 2 521 947 kg/an de CO₂, 2 664 kg/an de NO_x, 135 kg/an de matière particulaire et 11 kg/an de SO_x.

Pour combler cette lacune dans l'industrie, Luxmux a appliqué à ce projet ses solutions photoniques ultra-larges. Les solutions photoniques actuelles obligent l'utilisateur à faire des compromis en matière de résolution, de puissance et/ou de largeur de bande pour une application particulière. La source lumineuse BeST-SLED® (*Broad Spectrum Tunable Superluminescent Diode*, ou diode super-luminescente ajustable à bande large) de Luxmux a la puissance d'un laser dont la largeur de bande est 1 000 fois supérieure. Luxmux offre une solution technologique qui optimise tout à la fois la résolution, la puissance et la largeur de bande. Luxmux utilise la version Bands mise au point pour mesurer la qualité de la vapeur pour le marché de la récupération du pétrole lourd par voie thermique (reportez-vous à la Figure 1).



Dans le cadre du présent projet, Luxmux a forgé un partenariat avec l'Agar Canada Corporation pour tirer parti de son expérience dans l'industrie à fournir des solutions d'instrumentation spécialisées à l'industrie du pétrole lourd.

4 Objectifs

Le projet avait pour objectifs de concevoir et de construire le système de chaudière à double corps de même qu'à réaliser les essais initiaux de l'analyseur de qualité de vapeur dans des conditions représentatives de l'exploitation des sables bitumineux par la vapeur.

4.1 Objectif 1 – Conception générale et technique du système de chaudière à double corps

Le premier objectif consistant à livrer un concept complet de système de chaudière à double corps. Cela comprenait une étude technique détaillée, des diagrammes des opérations, des schémas de procédé et d'instrumentation, des paramètres d'écoulement, des paramètres d'utilisation et toutes les autres mesures requises par le système pour valider la qualité de la vapeur.

4.2 Objectif 2 – Construction et mise en service du système de chaudière à double corps

Le deuxième objectif consistait à livrer un système de chaudière à double corps construit, mis en service et fonctionnel. Cela comprenait l'achat des matériaux, la construction, la mise en service et la validation du contrôle du circuit en fonction du design tout en respectant l'ensemble des critères de sécurité pour l'exploitation du circuit. Une étude du risque et de l'exploitabilité (*Hazard and Operability* – HAZOP) a été réalisée avant la construction.

4.3 Objectif 3 – Exécution des essais de l'analyseur de qualité de vapeur dans des conditions représentatives de l'exploitation des sables bitumineux par la vapeur

Le troisième objectif consistait à exécuter les essais préliminaires au moyen du système de chaudière à double corps afin de démontrer que l'analyseur de qualité de vapeur fonctionnerait bien dans des conditions représentatives de l'exploitation des sables bitumineux par la vapeur.

5 Résultats du projet

5.1 Réalisations du projet

5.1.1 Réalisation 1 – Conception, construction, mise en service et exploitation du système de chaudière à double corps

Les objectifs 1 et 2 ont été pleinement réalisés et le système de chaudière à double corps a été conçu et examiné pour garantir un fonctionnement sécuritaire. Les matériaux ont été

commandés et l'unité a été construite à Calgary. Elle a ensuite été expédiée aux ateliers d'Agar à Houston et mise en service avec succès.

5.1.2 Réalisation 2 - Démonstration du rendement de l'analyseur de qualité de vapeur dans des conditions représentatives de l'exploitation des sables bitumineux par la vapeur

On a réalisé l'objectif 3. L'analyseur de qualité de vapeur a été mis à l'essai dans des conditions de vapeur statique et dans le système de chaudière à double corps. On a démontré l'intégrité de l'analyseur de vapeur. En outre, des essais ont été effectués pour déterminer l'incidence des contaminants de la vapeur sur le rendement des mesures de l'analyseur de vapeur. Au moment de rédiger le présent rapport, les essais de l'analyseur de qualité de vapeur se poursuivent au moyen du système de chaudière à double corps afin d'optimiser encore davantage le rendement du système de chaudière à double corps aussi bien que de l'analyseur de qualité de vapeur.

5.2 Avantages

5.2.1 Avantage 1 – Disponibilité du système de chaudière à double corps et d'une infrastructure d'innovation

La conception, la construction et l'exploitation du système de chaudière à double corps profitera à la mise au point de nouveaux instruments pour la vapeur par les concepteurs de technologies canadiens. En particulier, Luxmux et Agar sont maintenant équipés d'un dispositif d'essai essentiel qui permettra de poursuivre la mise au point d'instruments avancés pour les systèmes à vapeur ou dans d'autres applications, comme les turbines à vapeur industrielles. L'analyseur de qualité de vapeur existant montre un rendement prometteur, mais il faudra assurément en poursuivre la mise au point et le raffinement au cours des années à venir. La disponibilité du système de chaudière à double corps garantira que cette mise au point sera effectuée de façon rapide et rentable.

5.2.2 Avantage 2 – Réduction des GES au Canada

La disponibilité du système de chaudière à double corps ouvre la voie à la production d'un ensemble de données complet sur le rendement de l'analyseur de qualité de vapeur dans des conditions représentatives de l'exploitation des sables bitumineux par la vapeur. Il s'agit d'une étape nécessaire pour justifier les essais sur le terrain de l'analyseur de qualité de vapeur par les compagnies d'exploitation des sables bitumineux. Une adoption et un déploiement graduel de l'analyseur de qualité de vapeur par les compagnies d'exploitation des sables bitumineux entraîneront les réductions des émissions de GES, les améliorations à la pollution de l'air et les réductions de la consommation d'eau indiquées au Tableau 1 et au Tableau 2.

Tableau 1. Réductions des émissions de GES et améliorations de la qualité de l'air prévues

Ensemble de tableaux de GES et d'air pur pour l'analyseur d'eau

Année	Canada				NOx		Matière particulaire		SOx		
	Nombre de nouvelles installations	Capacité (calculée sur un an) Par chaudière	Capacité annuelle totale cumulative	Réduction des GES des nouvelles installations (kilotonnes d'équivalent CO ₂ par an)	Réduction des GES cumulative (kilotonnes d'équivalent CO ₂ par an)	Réduction du polluant 1 des nouvelles installations (tonnes par an)	Réduction du polluant 1 cumulative (tonnes par an)	Réduction du polluant 2 des nouvelles installations (tonnes par an)	Réduction du polluant 2 cumulative (tonnes par an)	Réduction du polluant 3 des nouvelles installations (tonnes par an)	Réduction du polluant 3 cumulative (tonnes par an)
2015	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2016	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2017	1	5	5	13	13	13,54	13,54	0,69	0,69	0,05	0,05
2018	1	11	16	28	41	29,80	43,34	1,51	2,20	0,12	0,18
2019	2	18	36	47	88	49,17	92,51	2,49	4,69	0,20	0,38
2020	2	34	69	85	173	90,14	182,65	4,57	9,25	0,37	0,75
2021	4	56	124	141	314	148,73	331,39	7,54	16,79	0,61	1,37
2022	4	41	165	103	417	109,07	440,46	5,53	22,32	0,45	1,82
2023	4	36	201	91	508	95,98	536,44	4,86	27,18	0,40	2,22
2024	6	30	231	75	583	79,19	615,62	4,01	31,20	0,33	2,54
2025	6	33	264	82	665	87,10	702,73	4,41	35,61	0,36	2,90
2026	7	30	294	76	741	79,86	782,57	4,06	39,66	0,33	3,23
2027	7	33	327	83	824	87,83	870,40	4,45	44,11	0,36	3,59
2028	9	36	363	91	915	96,61	967,02	4,90	49,00	0,40	3,99
2029	9	40	403	101	1016	106,27	1073,29	5,39	54,39	0,44	4,43

Remarques :

1. La capacité est le nombre de chaudières individuelles sur lesquelles l'analyseur de qualité de vapeur est installé pendant une année donnée.
2. Les calculs sont fondés sur une amélioration de la qualité de la vapeur de 4 %, soit de 76 à 80 %.

Tableau 2. Réduction prévue de la consommation d'eau

Année	Canada				
	Nombre de nouvelles installations	Capacité supplémentaire (calculée sur un an) Chaudières	Capacité annuelle totale cumulative	Réduction de la consommation d'eau des nouvelles installations (litres par an)	Réduction de la consommation d'eau cumulative (litres par an)
2015	0	0	0	0	0
2016	0	0	0	0	0
2017	1	4	4.237016667	40,323,688	40,323,688
2018	2	9	13.55845333	88,712,113	129,035,800
2019	3	15	28.93882383	146,374,986	275,410,786
2020	6	28	57.13616975	268,354,141	543,764,928
2021	9	47	103.6617905	442,784,333	986,549,260
2022	7	34	137.7805791	324,708,511	1,311,257,771
2023	6	30	167.805113	285,743,489	1,597,001,260
2024	5	25	192.5753535	235,738,379	1,832,739,639
2025	5	27	219.822618	259,312,217	2,092,051,856
2026	5	25	244.7992772	237,702,865	2,329,754,721
2027	5	27	272.2736023	261,473,152	2,591,227,873
2028	6	30	302.4963699	287,620,467	2,878,848,340
2029	7	33	335.7392932	316,382,514	3,195,230,854

Remarques :

1. La capacité est le nombre de chaudières individuelles sur lesquelles sont installés des analyseurs de qualité de vapeur au cours d'une année donnée.
2. Les calculs sont fondés sur une amélioration de 4 % de la qualité de la vapeur, soit de 76 à 80 %.

5.3 Objectifs en matière de développement de la technologie et des connaissances

5.3.1 Conception générale et technique du système de chaudière à double corps

Le concept repose sur deux chambres de combustion de chaudières de 8 pouces de diamètre connectées au sommet par un tuyau de 2 pouces, un robinet à soupape et un injecteur à trou. La chambre de combustion de gauche est appelée « chambre receveuse » et la chambre de combustion de droite est appelée « chambre de la chaudière » puisqu'il s'agit de la principale source de vapeur. La fonction de la chaudière est de produire une vapeur saturée (qualité de vapeur de 100 %) à la température de 343 °C (650 °F) et à la pression de 14 824 kPa (au manomètre) (2 150 psi manométrique). La fonction de la chambre receveuse est de recevoir la vapeur issue de la chaudière par le tuyau supérieur et de provoquer une condensation,

puisqu'elle est à une température inférieure de 300 °C (572 °F) et à la pression de 8 584 kPa (au manomètre) (1 245 psi manométrique).

L'idée est que, pendant cette condensation naturelle provoquée par une chute de température et de pression, un fin nuage de vapeur humide se créera au haut de la chambre receveuse. Le nuage de vapeur est une condition idéale pour tester et calibrer le capteur de qualité de vapeur situé sur la chambre receveuse.

La chambre de la chaudière et la chambre receveuse sont toutes deux équipées d'éléments chauffants de 6 kW et de parois isolées et chauffées. La chambre de la chaudière est en outre munie d'un élément chauffant d'une capacité de 6 kW au sommet pour garantir que la vapeur qui quitte la chaudière présente une qualité de 100 %.

L'élément chauffant principal a pour fonction de maintenir la saturation du fluide à une pression et une température fixes, alors que le chauffage des parois a pour fonction de maintenir les parois de la chaudière à la température de la vapeur saturée et de compenser la perte de chaleur par l'isolation, maintenant ainsi le processus adiabatique d'ébullition et de condensation.

5.3.2 Construction et mise en service du système de chaudière à double corps

L'étude du risque et de l'exploitabilité (*Hazard and Operability – HAZOP*) du système de chaudière à double corps a été réalisée par ACM Facility Safety de Calgary, en Alberta, et a été achevée en janvier 2015. En outre, deux séances HAZOP ont été menées dans les bureaux d'un grand producteur de sables bitumineux de Calgary avec une équipe d'ingénieurs de Luxmux, d'Agar Houston et de la compagnie de sables bitumineux. L'examen de la sécurité était fondé sur le schéma de procédé et d'instrumentation initial de la chaudière à double corps. L'examen a cerné des conditions de sécurité allant d'Inacceptables à Traitables ainsi que les mesures recommandées, de même que 16 améliorations proposées. L'étude HAZOP a été achevée avec succès et les modifications ont été apportées au concept de la chaudière à double corps.

On a préparé les schémas de procédé et d'instrumentation finaux. La portée des travaux touchant les instructions comprenait les éléments suivants :

- Achat des matériaux
- Fabrication
- Assemblage
- Essais non destructifs (END)
- Réchauffage électrique des conduites
- Isolation
- Instrumentation
- Électricité
- Contrôle

La construction de la chaudière à double corps a été achevée en juin 2016. Le système a été mis en service et mis à l'essai en juillet 2016 en utilisant les éléments suivants :

- Sonde infrarouge proche de nouvelle conception (V2)
- Spectromètre BeST- SLED
- Collimateurs
- Câble à fibre optique monomode pour le transmetteur (Tx)
- Câble à fibre optique multimode pour le récepteur (Rx)

Toutes les activités susmentionnées ont été achevées en juin 2016.

La mise en service et la mise à l'essai ont commencé en juillet 2016.

5.3.3 Utilisations initiales du système de chaudière à double corps et essais en matière de rendement de l'analyseur de qualité de vapeur

Des mesures de la qualité de la vapeur ont été commandées en juillet 2016 et sont en cours. Le système de chaudière à double corps a été mis en service et le manuel d'utilisation a été publié. Jusqu'à maintenant, la chaudière à double corps fonctionne parfaitement. Le principal revers essuyé pendant les essais d'août 2016 était le temps requis par la chaudière à double corps pour atteindre la température et la pression de fonctionnement souhaitées, temps qui est actuellement de plus de 10 heures. Agar croit actuellement que la recommandation d'isolation de 2 pouces du fabricant n'est pas suffisante et l'isolation est remplacée par une isolation de 4 pouces. En outre, on achète des éléments chauffants plus gros pour réduire le temps de chauffe.

L'intégration de la solution BeST-SLED de Luxmux au système d'Agar a commencé. Agar a pris l'extrait du BeST-SLED par Ethernet et la représentation registre Modbus a été programmée dans le système d'Agar pour lire les données. Les essais sur la chaudière à double corps se poursuivront une fois l'isolation de 4 pouces installée.

On a également déterminé l'incidence des contaminants sur le rendement de la sonde et sur son intégrité à pression et température élevées.

- On a réalisé des tests de dépôt de saphir avec l'eau produite par un producteur de sables bitumineux. On a déterminé que l'exposition de la sonde à des échantillons d'eau pris après le bassin d'écumage et après la flottation par induction de gaz entraînait l'accumulation de dépôts à la surface de la sonde. Toutefois, les échantillons d'eau pris après le réservoir d'eau d'alimentation de la chaudière ne causaient aucune contamination.
- On a également testé l'intégrité de la sonde dans des conditions de vapeur à température et pression élevées au moyen d'une chambre de vapeur statique spécialement conçue. Le test à température et pression élevées a été couronné de succès. Les sondes ont maintenu leur intégrité à 320 °C et 2 000 psi manométrique. L'alignement optique a également été maintenu. Enfin, en présence de vapeur sous

haute pression, le bon profil gaussien du faisceau s'est maintenu dans la vapeur de la chambre receveuse.

Des détails sur tous les résultats de recherche susmentionnés sont fournis dans le rapport technique présenté à l'annexe A.

5.4 Défis et obstacles

5.4.1 Défi/obstacle 1 – Besoin d'essais sur le terrain

Le projet n'abordait que les essais préliminaires de l'analyseur de qualité de vapeur dans des conditions représentatives de l'exploitation des sables bitumineux par la vapeur. Pour obtenir une adoption et un déploiement complets, des essais sur le terrain dans des sites d'exploitation des sables bitumineux seront nécessaires. Le ralentissement économique actuel dans l'industrie des sables bitumineux a entraîné des mises à pied de personnel et des coupures dans les budgets de recherche; il est donc très difficile de trouver un producteur de sables bitumineux disposé à fournir un budget restreint et un site pour réaliser cet essai sur le terrain.

5.5 Analyse différenciée selon les sexes

Le nombre de postes équivalents temps plein (ETP) exigé par la construction et l'exécution du projet de même que par les activités courantes est indiqué dans le tableau suivant, y compris les renseignements sur le sexe.

Tableau 3. Analyse différenciée selon les sexes			
Phase	Hommes	Femmes	Total
Planification/Construction/Exécution du projet	8	1	9
Activités courantes	3	1	4
Total	11	2	13

6 Conclusion et suivi

Le projet a réalisé ses objectifs, soit la conception, la construction, la mise en service et l'exploitation initiale du système de chaudière à double corps, de même que les essais préliminaires sur le rendement de l'analyseur de qualité de vapeur dans des conditions représentatives de l'exploitation des sables bitumineux par la vapeur. Les essais se poursuivent afin d'améliorer encore l'efficacité du système de chaudière à double corps et le rendement de l'analyseur de qualité de vapeur.

Les résultats intermédiaires seront l'établissement de l'analyseur de qualité de vapeur comme un appareil fiable capable de mesurer la qualité de la vapeur entre 40 et 100 %, à une température et une pression pouvant aller jusqu'à 350 °C et 2 381 psi manométrique, ayant été mis à l'essai dans le cadre de ce projet et mis en démonstration dans le cadre d'essais sur le terrain futurs.

Il n'existe actuellement, au meilleur de nos connaissances, aucun système au Canada qui puisse fournir un contrôle de la qualité de la vapeur dans un système fermé comme celui offert par l'analyseur de qualité de vapeur en ligne de Luxmux et Agar.

Le résultat à long terme du déploiement à grande échelle de l'analyseur de qualité de vapeur dans l'industrie des sables bitumineux sera une importante réduction des émissions de GES et de la consommation d'eau découlant d'une exploitation plus efficace des générateurs de vapeur. Ce résultat appuiera les engagements du Canada visant la réduction des émissions de GES d'ici 2030, pris dans le cadre de l'Accord de Paris et du plan de lutte sur les changements climatiques axé sur le leadership de l'Alberta (*Alberta Climate Leadership Plan*). En outre, les innovateurs du domaine de la technologie comme Luxmux et Agar pourront offrir l'analyseur de qualité de vapeur dans des marchés mondiaux connexes, comme les turbines à vapeur utilisées pour produire de l'électricité.

6.1 Prochaines étapes

Les deux étapes essentielles qui doivent suivre l'achèvement de ce projet sont les suivantes :

- L'élaboration d'un ensemble de données complet démontrant le rendement de l'analyseur de qualité de vapeur dans des conditions représentatives de l'exploitation des sables bitumineux par la vapeur afin de convaincre les exploitants des sables bitumineux de fournir des sites pour les démonstrations sur le terrain.
- La démonstration de l'analyseur de qualité de vapeur sur des sites fonctionnels d'exploitation des sables bitumineux afin de prouver la fiabilité et l'exactitude de l'analyseur de qualité de vapeur dans des conditions d'utilisation réelles.