Technologie novatrice pour le captage et le stockage du CO_2

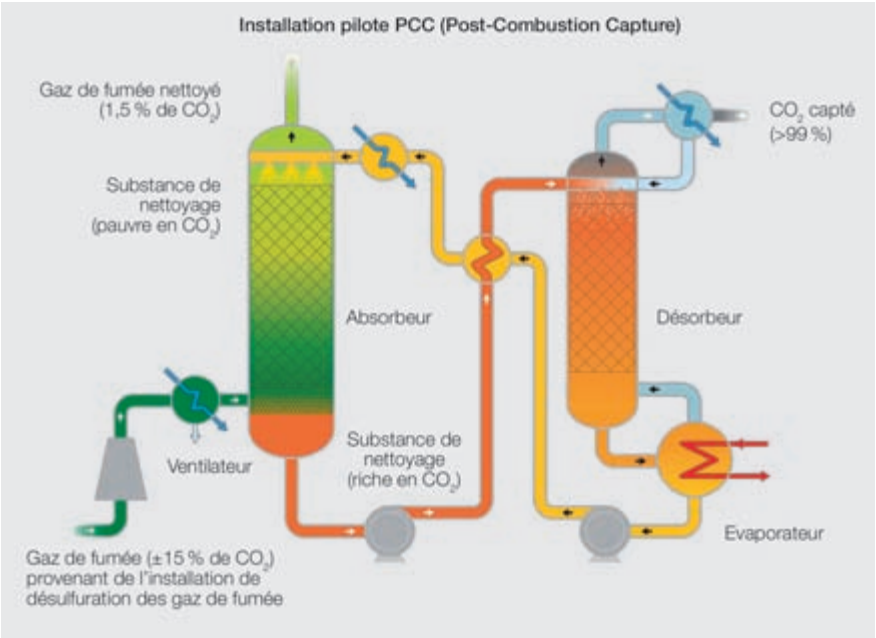
Développement et intégration d'un procédé postcombustion

Malgré l'intégration d'une part croissante d'énergies renouvelables dans le mix énergétique, l'augmentation de la consommation électrique ne permettra pas de se passer des sources d'énergie fossiles. Or il sera indispensable de réduire les émissions de CO_2 pour limiter la hausse de température globale à 2° C. Dans ce contexte, les technologies de captage et de stockage du CO_2, et particulièrement la technologie de captage postcombustion, présentent des avantages décisifs.

Ruediger Schneider

Même si nous devions réussir durant ces prochaines décennies à couvrir la majeure partie de nos besoins énergétiques par des sources renouvelables, l'augmentation toujours croissante de la consommation électrique ne permettrait pas de renoncer à recourir aux énergies fossiles, telles que le charbon ou le gaz naturel. Le défi consiste donc à réduire considérablement les émissions de CO_2 associées à ces combustibles. Les technologies de captage et de stockage du CO_2 prennent ainsi une importance décisive, car il s'agit de la seule solution permettant de limiter la hausse de température globale à 2° C.

Pour de nombreux spécialistes, la technologie PCC (Post-Combustion Capture) recèle un énorme potentiel car elle peut aussi bien être intégrée dans des centrales électriques existantes que dans de nouveaux projets. En effet, les centrales électriques conventionnelles disposent déjà d'installations permettant d'éliminer les oxydes d'azote, le dioxyde de souffre et d'autres substances toxiques dans les gaz de fumée. La technologie de captage postcombustion du CO_2 ne fait qu'ajouter une étape supplémentaire en aval de ces processus de nettoyage.



Principe du procédé PCC de Siemens : le CO_2 produit par la combustion est extrait à plus de 90 % des gaz de fumée grâce aux substances de nettoyage spécialement développées.

Principe du captage postcombustion

Dans une installation PCC, les gaz de fumée sont introduits après l'étape de désulfuration dans un absorbeur, un réservoir renfermant une substance de nettoyage liquide permettant de capter le CO_2. Ce dernier est ensuite extrait par chauffage de cette solution aqueuse dans le désorbeur, pour être finalement évacué et stocké. La substance de nettoyage est pour sa part réinjectée dans l'absorbeur, formant ainsi un circuit fermé ininterrompu. Il s'agit d'une technologie éprouvée puisque cette méthode est utilisée depuis longtemps dans l'industrie chimique afin de séparer les composants gazeux.

Du laboratoire à l'installation pilote

Il y a plusieurs années déjà, Siemens a entamé le développement de ce nouveau procédé de captage du CO_2 dans le parc industriel de Francfort-Höchst à l'échelle du laboratoire. L'expérimentation avec des gaz de fumée réels et la mise en œuvre d'un projet pilote ont représenté une étape supplémentaire importante dans le développement de ce procédé pour les centrales électriques à combustibles fossiles.

Une installation pilote a été mise en service par Eon et Siemens dans la centrale électrique Eon Staudinger à Grosskrotzenburg près de Hanau (Allemagne), sur la base du procédé PCC de captage du CO_2 développé par Siemens. Le procédé préalablement expérimenté en laboratoire est ainsi exploité depuis septembre 2009 dans le bloc 5 de la centrale électrique utilisant de la houille comme combustible. Le but de l'exploitation pilote était d'établir un procédé optimisé et validé reposant sur l'absorption qui, par rapport au procédé MEA (utilisant de la monoéthanolamine) traditionnel, présente des avantages indéniables des points de vue écologique, efficacité éner-

Une installation pilote de captage du CO_2 a été mise en service dans la centrale électrique Eon Staudinger à Grosskrotzenburg près de Hanau (Allemagne) sur la base du procédé PCC développé par Siemens.

gétique, consommation, moindre perte de la substance de nettoyage utilisée et coûts d'exploitation à long terme. Les autres objectifs de développement étaient l'intégration optimale du procédé dans la production d'électricité ou de chaleur de la centrale, ainsi que la flexibilité d'exploitation, et surtout d'apporter la preuve de la compatibilité écologique de la substance de nettoyage utilisée.

Choix de l'agent de lavage

Le choix de la substance de nettoyage pour l'extraction du CO_2 influence directement la consommation d'énergie et les effets sur l'environnement. Le cahier des charges de Siemens pour sa détermination était donc extrêmement exigeant : sélectivité et stabilité chimique élevées, faible consommation d'énergie, important taux de captage du CO_2, grande pureté du flux résultant de CO_2 et surtout, une compatibilité écologique particulièrement élevée.

Pour Siemens, il était dès le début très important que le captage du CO_2 ne provoque pas de nouvelles émissions et que l'exploitation reste conviviale pour les opérateurs de la centrale électrique. C'est la raison pour laquelle le choix s'est porté sur des solutions aqueuses de sels d'acides aminés qui sont sans danger pour l'homme et l'environnement.

L'utilisation de cette voie s'est révélée judicieuse. Les premiers résultats d'exploitation de l'installation pilote avaient déjà confirmé que l'efficacité du procédé de captage du CO_2 est non seulement très élevée, mais qu'elle répond également aux exigences écologiques les plus sévères, même sans étape de filtrage ultérieure. De plus, les sels d'acides aminés, comme tous les sels, ne génèrent pas de pression de vapeur et les acides aminés sont présents naturellement. Les émissions provenant de la solution utilisée sont pratiquement nulles. Les sels d'acides aminés présentent en outre un caractère ionique, sont peu sensibles à l'oxygène et sont ininflammables. Finalement, la stabilité thermique permet une gestion flexible de l'exploitation, car les deux étapes du processus, l'absorption et la désorption, peuvent s'effectuer dans une plage de température et de pression plus étendue.

Résultats

Après plus de 5000 heures d'exploitation depuis la mise en service de l'installation pilote de Staudinger, les attentes en ce qui concerne l'agent de lavage et le procédé ont été satisfaites sur tous les points. Il a ainsi été prouvé que le procédé PCC développé par Siemens atteint un rendement de captage du CO_2 supérieur à 90 %, et ce pratiquement sans émission d'agent de lavage. Les sels d'acides aminés utilisés pour le lavage des gaz de fumées sont compatibles avec l'environnement, en particulier grâce à leur pression de vapeur négligeable et à leur stabilité envers les principaux polluants des gaz de fumée.

L'agent de lavage présente une stabilité élevée qui se répercute positivement sur les coûts d'exploitation de l'installation de captage du CO_2. N'étant pas volatile, il ne génère pratiquement aucune émission à la sortie de l'installation. Contrairement à d'autres procédés de captage du CO_2 connus jusqu'à présent, p. ex. avec des amines, le procédé Post Cap de Siemens peut donc être exploité sans épuration secondaire coûteuse des gaz de fumée après captage du CO_2. Finalement, l'agent de lavage élimine en plus du CO_2 d'autres substances polluantes contenues dans les gaz de fumée.

Réduction de la consommation énergétique

Grâce aux optimisations du procédé, la consommation d'énergie est sensiblement inférieure à celle des méthodes traditionnelles. Une chaîne optimisée réduit en effet les besoins énergétiques du pro-

Figures: Siemens

Après plus de 5000 heures d'exploitation depuis la mise en service de l'installation pilote de Staudinger, l'agent de lavage et le processus ont répondu à toutes les attentes.

Zusammenfassung

Bahnbrechende Technologie zur Abscheidung und Speicherung von CO_2

Entwicklung und Integration eines Verfahrens zur Abscheidung nach der Verbrennung

Trotz der Integration eines wachsenden Anteils erneuerbarer Energien in den Energiemix wird es aufgrund des steigenden Stromverbrauchs nicht möglich sein, auf fossile Energiequellen zu verzichten. Nun ist es jedoch unerlässlich, den CO_2-Ausstoss zu senken, um die globale Erwärmung auf 2 °C zu begrenzen. Hierbei bieten die Technologien zur Abscheidung und Speicherung von CO_2 – und insbesondere die Technologie der Abscheidung nach der Verbrennung – entscheidende Vorteile.

In diesem Artikel wird das Prinzip der von Siemens entwickelten Technologie zur Abscheidung nach der Verbrennung vorgestellt sowie die sich daraus ergebenden Vorteile der Nutzung wässriger Lösungen von Aminosäuresalzen als Waschmittel. In einer Pilotanlage konnte gezeigt werden, dass mithilfe dieses Verfahrens eine CO_2-Abscheideleistung von mehr als 90 % erzielt werden kann, und zwar nahezu ohne Waschmittelemissionen. Gleichzeitig bietet diese Technologie unbestreitbare Vorteile in Bezug auf Ökologie, Energieeffizienz und langfristige Betriebskosten.

CHe

cessus global à env. 2,7 GJ par tonne de CO_2 capté, et un potentiel supplémentaire d'amélioration a été décelé.

Pour un bloc à houille de 800 MW avec captage du CO_2, la perte de rendement avec la technologie MEA conventionnelle dépasserait 11 points de pourcentage, alors qu'avec le procédé de Siemens, elle est actuellement réduite à environ 8 points de pourcentage. Cette perte de rendement englobe déjà la consommation énergétique nécessaire à la compression du flux de CO_2 à 200 bar et l'ensemble des dépenses énergétiques auxiliaires, p. ex. pour pomper l'eau de refroidissement. Sans compression du CO_2, la perte de rendement est même inférieure à 6 points de pourcentage.

Perspectives

Grâce à son expérience en tant que constructeur de centrales électriques et d'installations de lessivage des gaz de fumée, ainsi qu'à la validation de procédé couronnée de succès dans l'installation pilote de Staudinger, Siemens est d'ores et déjà en mesure de proposer la technique Post Cap de captage du CO_2 des gaz de fumée à l'échelle commerciale pour les centrales électriques à combustibles fossiles. En tant que fournisseur de matériel pour l'ensemble de la chaîne de production énergétique, l'entreprise propose également des compresseurs de CO_2 ainsi que d'autres composants clés, et dispose du savoir-faire permettant l'intégration optimale d'une installation de captage du CO_2 dans une centrale électrique. L'exploitation pilote de Staudinger sera poursuivie afin d'effectuer des tests supplémentaires principalement ciblés sur l'optimisation technique et économique. L'expérience accumulée avec l'installation pilote peut être d'ores et déjà utilisée pour la conception d'une installation dans laquelle le procédé Post Cap sera exploité à plus grande échelle aux Etats-Unis.

Informations sur l'auteur

Dr Ing. **Ruediger Schneider** est directeur Research & Development Carbon Capture and Sequestration (CCS) dans le secteur Energy de Siemens. Il a passé son doctorat à la « Technische Universität Berlin » en technique des procédés. Il a ensuite travaillé dans le domaine du développement de processus chimiques au parc industriel Hoechst (anciennement Hoechst SA). Depuis 2007 il est responsable du développement des processus CCS chez Siemens dans le secteur Energy.

Siemens AG, Industriepark Hoechst, D-65926 Frankfurt am Main, ruediger.schneider@siemens.com