



ECHANGEUR DE CHALEUR A PLAQUES A ECHANGE THERMIQUE ET COMPACITE AMELIORES

Présentation de la technologie

Qui ? Tous les fabricants ou utilisateurs d'échangeurs de chaleur à plaques souhaitant gagner en compacité tout en gardant une forte puissance thermique.

Quoi ? Les inventions ont été développées pour des échanges gaz - métal liquide (ex. échanges de chaleur entre le sodium de la boucle secondaire et l'azote en tant que gaz de la boucle tertiaire d'un réacteur nucléaire à neutrons rapides) **mais peuvent être utilisée pour tout autre type de fluide.**

Où ? Ces inventions peuvent-être utilisées dans tous les domaines où il est question d'échange de chaleur (ex. agroalimentaire, pétrochimie, nucléaire...).

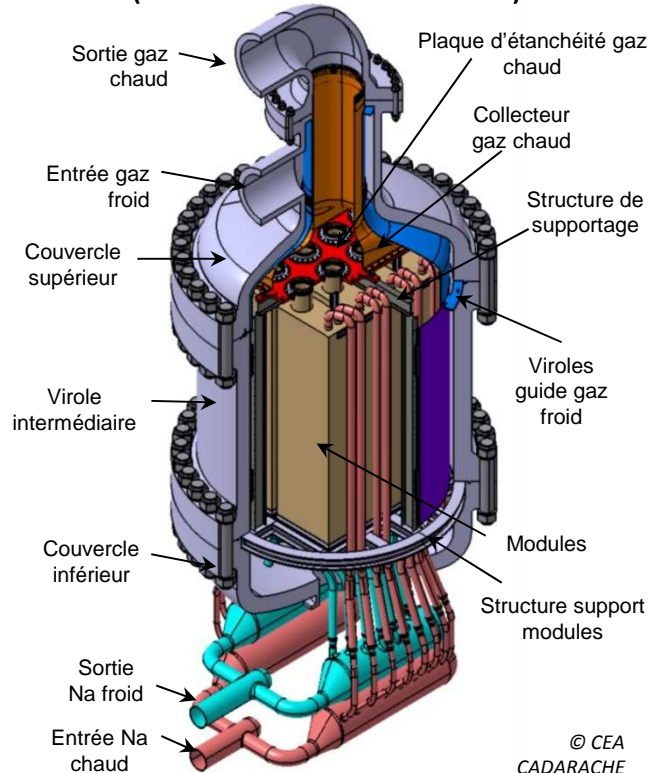
Comment ? En fabriquant et en agencant différents modules d'échangeurs de chaleur à plaques (différents motifs d'échange possibles) **dans une enceinte multifonction.**

Pourquoi ? Echanger une forte puissance thermique tout en conservant une grande compacité à pertes de charge équivalentes (ex. de l'ordre de 20 à 30 MW/m³ pour les modules avec une perte de charge de 1 bar et un échange gaz - sodium).

La portée des inventions couvre :

- Un échangeur de chaleur intégrant un ou plusieurs modules d'échangeur de type à plaques dans une enceinte sous pression
- Un module d'échangeur de chaleur intégrant au moins un circuit de fluides
- Un procédé de fabrication des modules par soudage diffusion des plaques

Exemple : Echangeur Na-Gaz de 190 MWth (hauteur ≈ 9m et diamètre ≈ 4 m)



© CEA
CADARACHE

Un premier brevet traite de l'assemblage des modules intégrés dans une enceinte sous pression afin d'assurer des fonctions de sûreté (en maintenant les plaques en compression et en confinant les défaillances) et de distribution des fluides (limite la présence de collecteur et tuyauterie gaz associés aux modules), garantissant ainsi la compacité.

Un second brevet décrit un module d'échangeur de chaleur comportant au moins un circuit de fluide avec un motif d'échange innovant composé d'une paire de canaux de circulation en zig-zag, superposés l'un sur l'autre en opposition de phase et débouchant l'un dans l'autre aux zones d'intersection en une pluralité de zones de mélange induisant ainsi un écoulement tridimensionnel favorable pour augmenter l'échange thermique.

Enfin, un troisième brevet précise le mode opératoire de soudage des plaques des modules d'échange. Il permet d'optimiser la qualité d'assemblage par soudage diffusion par compression isostatique à chaud et est particulièrement adapté aux modules de grandes dimensions et dont les deux circuits de fluide ont des motifs d'échange différents.

Niveau de maturité

Il existe à ce jour deux prototypes de modules de faible puissance (40 kW) en cours de test et de simulation en conditions réelles. Le niveau de maturité technologique (TRL) de l'invention est de 3 à 5 (de la fonction critique analysée et expérimentée à la validation en environnement significatif du composant).

Brevets

Les inventions sont protégées par des demandes de brevet françaises et internationales actuellement en cours d'examen ou publiées.

Avantages de la technologie

- **Compacité:** de l'ordre de 20 à 30 MW/m³ pour les modules avec une perte de charge de 1 bar grâce à l'agencement intelligent des modules et à l'enceinte sous pression qui induit un gain de place : modules sans collecteurs ni tuyauteries gaz
- **Performance thermique:** grâce à la possible utilisation d'un motif d'échange innovant, entraînant un écoulement du gaz en 3D, l'enceinte minimise les pertes de charge sur le circuit du fluide qu'elle distribue
- **Performance mécanique:** le procédé de fabrication assure une qualité de soudage élevée et uniforme qui permet un fonctionnement à haute pression sur de longues durées
- **Sûreté :** l'enceinte permet de confiner les fluides, par exemple du sodium, en cas de défaillance d'un module d'échange : fuite...



© CEA GRENOBLE

Offre de valeur

Une licence pour utiliser cette technologie sur **les marchés français et européen.**

Savoir-faire associé.

Soutien du CEA pour développer le produit.

La **DEN** dispose d'une expertise et d'un savoir-faire reconnus dans les technologies d'échanges de chaleur.

- ✓ **Technologie Sodium** : Travaux en milieux hostiles (chaleur, bruit, exigüité,..); Instrumentation spécifique utilisable à haute température; Construction, Installation et Exploitation d'installations sodium.
- ✓ **Simulation thermique / CAO**
- ✓ **Mise en œuvre d'essais en conditions sévères (température, pression)**
- ✓ **Activité de conseil**

La **DRT** possède des compétences fortes dans le développement et la qualification de technologies avancées de fabrication et d'assemblage pour des composants complexes

- ✓ **Domaines** : aéronautique, industrie manufacturière, nucléaire (REP, ITER, DEMO), échangeurs, réacteurs
- ✓ **Définition et optimisation de procédés** : brasage et compression isostatique à chaud en particulier
- ✓ **Qualification des composants**: investigations microstructurales, essais mécaniques



✓ **Moyens humains**

Laboratoire de conception et d'innovation technologiques

- 12 ingénieurs
- 6 techniciens (dont 5 spécialisés en CAO)
- 2 thèses en cours

✓ **Moyens**

Logiciels de conception assistée par ordinateur (CATIA R18/R20, SMARTTEAM)
Des logiciels de calcul et simulation (ANSYS, FLUENT, COMSOL,...)

Expertise

Chiffres clés

Equipements

Nous avons collaboré avec



Rolls-Royce

Le **CEA/DEN** dispose d'importants moyens d'essais et de développement afin de valider les technologies de leurs clients :

- ✓ **Moyens de tests en métaux liquides et adaptés à la mise en œuvre du sodium liquide (T = 600°C max et de quelques litres à plus de 100 m³)**
 - Instrumentations / Chaîne métrologique adaptée aux métaux liquides
 - Système de détection rapide de fuite de Sodium
- ✓ **Boucles d'essais (ex. DIADEMO, PLATEAU, CHEOPS (en construction)....)**
- ✓ **Instrumentation hydraulique, thermique et vibratoire.**

Enjeux et Marchés

Assurance qualité, garantie des performances en vue **d'améliorer la disponibilité et la sûreté des grands systèmes** tels que des réacteurs, sont les principaux enjeux de cette thématique.

Les présentes inventions répondent à ces critères, notamment dans l'industrie nucléaire, l'agroalimentaire ou encore la pétrochimie.

Acteur majeur de la recherche, du développement et de l'innovation



Le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives **s'appuie sur une recherche fondamentale d'excellence et assure un rôle de soutien à l'industrie.**

Le CEA est implanté sur 10 centres répartis dans toute la France. Il développe de nombreux partenariats avec les autres organismes de recherche, les collectivités locales et les universités.

Reconnu comme un expert dans ses domaines de compétences, le CEA est pleinement inséré dans l'espace européen de la recherche et exerce une présence croissante au niveau international.

Concernant la technologie présentée dans cette fiche, et d'une manière plus générale, **les technologies d'échanges de chaleur**, le CEA propose aux industriels une **expertise** pour analyser leurs problématiques ainsi qu'un **accompagnement R&D pour adapter les technologies à leurs besoins spécifiques.**