

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

①① N° de publication :

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 030 701

②① N° d'enregistrement national :

14 62661

⑤① Int Cl⁸ : **F 25 B 9/00** (2016.01)

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 17.12.14.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 24.06.16 Bulletin 16/25.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥③ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *SDMO INDUSTRIES Société par
actions simplifiée — FR.*

⑦② Inventeur(s) :

⑦③ Titulaire(s) : *SDMO INDUSTRIES Société par actions
simplifiée.*

⑦④ Mandataire(s) : *CABINET PATRICE VIDON.*

⑤④ **SOURCE DE REFROIDISSEMENT A ENERGIE ACOUSTIQUE.**

⑤⑦ Moteur comprenant :
un système d'échappement ;
un système de refroidissement ;
un premier dispositif thermoacoustique configuré pour
convertir de l'énergie thermique provenant du système
d'échappement pour amplifier une onde acoustique ; et
un deuxième dispositif thermoacoustique configuré pour
convertir de l'énergie en onde acoustique amplifiée jusqu'à
une entrée pour le système de refroidissement.

FR 3 030 701 - A1



SOURCE DE REFROIDISSEMENT A ENERGIE ACOUSTIQUE

[0001] Un groupe électrogène, qui peut être désigné comme un générateur ou une génératrice, peut comprendre un moteur et un alternateur ou un autre dispositif pour générer une énergie électrique ou puissance. Un ou plusieurs générateurs peuvent fournir la puissance à une charge par l'intermédiaire d'un bus de générateur et de disjoncteurs ou d'autres types de commutateurs. Un système de générateur comprenant au moins deux générateurs peut être connecté à un bus de générateur et à d'autres générateurs par le biais de disjoncteurs. Chaque générateur peut comprendre un dispositif de commande de générateur local qui gère les disjoncteurs et les opérations de mise en parallèle avec les autres générateurs.

[0002] L'alimentation du groupe électrogène est un combustible et de l'air. La sortie primaire est l'électricité et les sorties secondaires comprennent des gaz d'échappement et de la chaleur. L'air et le combustible brûlent pour former des gaz d'échappement chauffés comprenant des sous-produits de combustion tels que la vapeur d'eau, le dioxyde de carbone et l'azote.

[0003] Le moteur est refroidi pour maintenir des températures critiques pour les composants du moteur et l'huile ou les lubrifiants qui recouvrent les composants mobiles du moteur (par exemple les pistons) et réduisent les frottements. Des exemples de mécanismes pour refroidir le moteur comprennent des radiateurs, qui peuvent être refroidis par air ou refroidis par liquide. Le liquide, ou réfrigérant du moteur, peut être

l'eau, spécialement quand l'eau froide est abondante (par exemple, des applications marines près d'une étendue d'eau). En variante, un système de refroidissement d'eau peut effectuer une recirculation d'eau à travers le système de refroidissement du moteur. L'eau peut être refroidie par l'atmosphère ou une autre source, réchauffée par le moteur et le processus est répété.

[0004] Des dispositifs thermoacoustiques transportent de l'énergie en utilisant une onde acoustique longitudinale pour faciliter l'interaction entre des variations de température, de densité et de pression. Le son est une variation de pression et un mouvement d'oscillation d'un milieu (par exemple, air, gaz, liquide ou solide). Les sons peuvent être provoqués par température (par exemple, la chaleur). La chaleur est transférée au son et le son peut être transféré en mouvement ou une autre forme d'énergie pour générer un refroidissement pour le moteur ou un autre moteur.

[0005] Selon un mode de réalisation, la présente invention propose un moteur comprenant :

- un système d'échappement ;
- un système de refroidissement ;
- un premier dispositif thermoacoustique configuré pour convertir de l'énergie thermique provenant du système d'échappement pour amplifier une onde acoustique ;

et

- un deuxième dispositif thermoacoustique configuré pour convertir de l'énergie en onde acoustique amplifiée jusqu'à une entrée pour le système de refroidissement.

[0006] Selon un autre mode de réalisation, le premier dispositif thermoacoustique comprend au moins un amplificateur chaleur/son en connexion

thermique avec au moins un échangeur de chaleur du système d'échappement. Au moins un échangeur de chaleur comprend alors un radiateur.

[0007] Selon un autre mode de réalisation, l'amplificateur chaleur/son comprend un empilement de plaques parallèles de matériau poreux.

[0008] Selon encore un autre mode de réalisation, le deuxième dispositif thermoacoustique comprend un système de conversion son/froid.

[0009] Selon encore un autre mode de réalisation, un tel moteur comprend en outre un milieu de transfert entre le premier dispositif thermoacoustique et le deuxième dispositif thermoacoustique. Le milieu de transfert comprend alors un gaz noble.

[0010] Selon encore un autre mode de réalisation, le premier dispositif thermoacoustique comprend une pluralité d'étages thermoacoustiques.

[0011] L'invention concerne également un générateur comprenant :

un moteur ;

un alternateur entraîné par le moteur ;

un système d'échappement ;

un système de refroidissement ;

un premier dispositif thermoacoustique configuré pour convertir de l'énergie thermique provenant du système d'échappement pour amplifier une onde acoustique ;
et

un deuxième dispositif thermoacoustique configuré pour convertir de l'énergie en onde acoustique amplifiée jusqu'à une entrée pour le système de refroidissement.

[0012] L'invention concerne également un ensemble de générateurs comprenant :

un système d'échappement pour l'ensemble de générateurs ;

un système de refroidissement pour l'ensemble de générateurs ;

un premier dispositif thermoacoustique configuré pour convertir de l'énergie thermique provenant du système d'échappement pour amplifier une onde acoustique ;
et

un deuxième dispositif thermoacoustique configuré pour convertir de l'énergie en onde acoustique amplifiée jusqu'à une entrée pour le système de refroidissement.

[0013] Les modes de réalisation suivants fournissent des systèmes et des procédés pour exploiter l'énergie dans l'échappement d'un moteur en tant que chaleur pour commander un système thermoacoustique qui convertit l'énergie pour fournir une entrée pour le système de refroidissement du moteur.

[0014] La figure 1 représente un exemple de système de conversion d'énergie pour un générateur 100. Le système de conversion d'énergie comprend l'échangeur de chaleur 10, le système thermoacoustique 20 et un échangeur de chaleur 30. Le générateur 100 comprend un moteur 40, un alternateur 50 et un système de refroidissement 60. Le moteur 40 fait tourner une machine motrice de l'alternateur 50, qui convertit l'énergie mécanique en énergie électrique pour délivrer de l'électricité à la charge 51. Des composants additionnels, différents ou moins de composants peuvent être inclus.

[0015] De plus, pour produire une énergie mécanique pour l'alternateur 50, le moteur 40 produit un échappement. L'échappement peut comporter de la chaleur. L'échappement quitte le moteur 40 à travers un tuyau d'échappement 41. A titre d'exemple, des températures pour l'échappement peuvent être de 200 à 1000 degrés Celsius. La température de l'échappement peut dépendre du combustible du moteur 40.

Des exemples de combustibles comprennent l'essence, le kérosène, le carburant diesel, le gaz de pétrole liquéfié (LPG) ou des combustibles gazeux tels que l'hydrogène, le gaz naturel, le biogaz, ou un autre gaz.

[0016] L'échangeur de chaleur 10 transfère la chaleur dans l'échappement au système thermoacoustique 20. Dans un premier processus thermoacoustique, le système thermoacoustique 20 amplifie une onde acoustique à partir de l'énergie dans la chaleur. Dans un deuxième processus thermoacoustique, l'onde acoustique amplifiée entraîne une pompe à chaleur pour éliminer la chaleur et provoquer une réfrigération. La réfrigération ou l'absence de chaleur est transférée par l'échangeur de chaleur 30 au système de refroidissement 60.

[0017] La figure 2 représente le système thermoacoustique 20 comprenant un système de conversion chaleur/son 21 (premier dispositif thermoacoustique), un milieu de transfert 22 et un système de conversion son/froid 23 (deuxième dispositif thermoacoustique). Le système de conversion chaleur/son 21 peut recevoir un signal d'entrée d'une source acoustique d'entrée 24. Le signal d'entrée peut être un son généré par un générateur électroacoustique. Le générateur électroacoustique peut être piézoélectrique. Un exemple de signal d'entrée peut avoir un signal à basse fréquence (par exemple, moins de 100 Hertz). Le système de conversion chaleur/son 21 peut comprendre une cellule thermoacoustique et le système de conversion son/froid 23 peut comprendre une autre cellule thermoacoustique.

[0018] La figure 3 représente le système thermoacoustique 20 comprenant une première cellule thermoacoustique 26a et une deuxième cellule thermoacoustique 26b. Chaque cellule thermoacoustique peut comprendre un échangeur de chaleur sur chaque côté d'un empilement. L'empilement est un matériau solide avec des pores qui permettent à un fluide gazeux d'osciller alors qu'il est en contact avec le matériau solide. L'empilement peut être formé de multiples couches du matériau espacées étroitement entre elles. Le matériau de l'empilement peut être sélectionné pour avoir une basse conductivité thermique et une capacité thermique doit être supérieure à la capacité thermique du gaz oscillant de manière que la température de l'empilement soit stable. Des exemples de matériaux pour l'empilement comprennent divers polymères, résines, céramiques et le polyéthylène téréphthalate.

[0019] En fonction de la diffusivité thermique du gaz, la chaleur est diffusée à travers le gaz. Autrement dit, l'empilement facilite l'oscillation du gaz provenant du son à transférer en chaleur. De manière analogue, l'introduction de chaleur dans la cellule thermoacoustique augmente l'oscillation du gaz et amplifie le son. Les deux principes sont présentés dans le système thermoacoustique 20.

[0020] La chaleur provenant de l'échappement est introduite dans la première cellule thermoacoustique 26a. L'énergie provenant de la chaleur amplifie le petit signal d'onde acoustique provenant de la source acoustique d'entrée 24 à un signal d'onde acoustique plus grand qui se propage à travers le milieu de transfert 22 à la deuxième

cellule thermoacoustique 26b. De la chaleur peut être perdue par un échangeur de chaleur en option en aval de l'empilement de la première cellule thermoacoustique 26a.

[0021] Le signal d'onde acoustique plus grand se propage à travers le milieu de transfert 22. Le milieu de transfert 22 peut comprendre un solide, un liquide ou un gaz. Dans un exemple, le milieu du milieu de transfert 22 est un gaz noble tel que l'hélium. Le signal d'onde acoustique peut avoir une puissance de l'ordre de 1-100 kilowatts (kW), par exemple 10 kW. Le signal d'onde acoustique plus grand peut être atténué de manière minimale par le milieu de transfert 22.

[0022] Quand le signal d'onde acoustique plus grand arrive à la deuxième cellule thermoacoustique 26b, une certaine chaleur peut être perdue initialement au niveau de l'échangeur de chaleur en option en amont de l'empilement de la deuxième cellule thermoacoustique 26b. Le signal d'onde acoustique plus grand fait osciller le gaz dans l'empilement de la deuxième cellule thermoacoustique 26b en provoquant un flux de chaleur vers l'intérieur. La chaleur s'écoule à partir de l'unité de réfrigération 26 dans la deuxième cellule thermoacoustique 26b.

[0023] Le résonateur en option 25 permet de définir une onde stationnaire pour le système thermoacoustique 20. La fréquence de résonance du résonateur 25 dépend des caractéristiques dimensionnelles du tube ou de la chambre. La fréquence de la source acoustique d'entrée 24 et le matériau et les dimensions du milieu de transfert 22 peuvent être sélectionnés sur la base de la fréquence de résonance du résonateur 25.

[0024] La température de l'unité de réfrigération 26 est abaissée par l'échangeur de chaleur en aval de l'empilement de la deuxième cellule thermoacoustique 26b. Une chaleur est pompée hors de l'unité de réfrigération 25 dans l'échangeur de chaleur. L'unité de réfrigération 25 peut refroidir de l'eau ou un autre réfrigérant pour le moteur 40.

[0025] La figure 4 est un autre exemple d'un moteur et d'un système thermoacoustique. Dans cet exemple, le système de conversion chaleur/son 21 peut comprendre de multiples étages thermoacoustiques. Chaque étage thermoacoustique peut comprendre un empilement avec des échangeurs de chaleur adjacents, comme décrit ci-dessus. Chaque étage peut avoir un effet réducteur en termes de rendement. Par exemple, le rendement du premier étage est supérieur au rendement du deuxième étage, et ainsi de suite. Toutefois, le rendement global augmente lorsque le nombre d'étages augmente. De plus, chaque étage thermoacoustique peut être couplé à un échangeur de chaleur d'échappement ou un radiateur qui transfère la chaleur des gaz ou du tuyau d'échappement à l'étage thermoacoustique respectif. Les multiples étages thermoacoustiques peuvent être logés dans la même enceinte. Un exemple de dimensions pour l'enceinte peut être un cylindre ayant une hauteur de 40 à 100 cm (par exemple, 60 cm) et un diamètre de 40-100 cm (par exemple, 60 cm). Un exemple de nombre d'étages est trois, comme représenté sur la figure 4. Un exemple de variation de pression entre l'entrée sur le premier étage et la sortie de l'étage final peut être 40

bars. Un exemple de variation de puissance entre l'entrée sur le premier étage et la sortie de l'étage final peut être 20-40 kW.

[0026] Les entrées dans le système de conversion chaleur/son 21 sont la chaleur provenant de l'échappement et une onde acoustique avec un niveau de puissance nominal. La sortie du système de conversion chaleur/son 21 est l'onde acoustique amplifiée transmise au système de conversion son/froid 23. Le système de conversion son/froid, bien qu'il soit représenté avec un seul étage, peut également comprendre de multiples étages thermoacoustiques. Chaque étage thermoacoustique peut comprendre un empilement avec des échangeurs de chaleur adjacents, comme décrit ci-dessus. L'enceinte du système de conversion son/froid peut être un cylindre de 20-40 cm de haut et ayant un diamètre de 40-100 cm (par exemple, 60 cm). La sortie du système de conversion son/froid 23 refroidit l'eau d'entrée pour le moteur à combustion interne. En d'autres mots, le système de conversion son/froid 23 pompe la chaleur jusqu'à lui-même, en refroidissant l'eau d'entrée par l'intermédiaire de l'échangeur de chaleur ou du radiateur.

[0027] La figure 5 est un autre exemple d'un moteur et d'un système thermoacoustique. Dans cet exemple, le système de conversion chaleur/son 21 fonctionne de manière similaire aux descriptions qui précèdent, mais au lieu du système de conversion son/froid 23, le système comprend un système de conversion mécano-électrique 55. Le système de conversion mécano-électrique 55 peut être une turbine

telle qu'une turbine bidirectionnelle qui génère de l'électricité à partir du signal acoustique amplifié. La pression provenant des ondes sonores peut faire tourner une turbine, ou faire osciller un vilebrequin et un piston, qui fait tourner un arbre. La rotation peut faire tourner un rotor et/ou un enroulement d'induit et générer une puissance électrique. La puissance électrique peut être utilisée comme une composante additionnelle de la puissance électrique du générateur 100. La puissance électrique peut être convertie en courant continu, lequel peut alimenter un système auxiliaire du générateur 100. Un exemple de système auxiliaire est le tableau de commande ou un affichage pour le générateur 100. La puissance électrique peut commander un excitateur ou un enroulement de champ pour le générateur 100.

[0028] La figure 6 est une autre illustration d'un moteur et d'un système thermoacoustique. En plus de l'effet de refroidissement fourni par l'échangeur de chaleur 30 à partir du système thermoacoustique 20, le système comprend une source de refroidissement secondaire 61. La source de refroidissement secondaire 61 peut être nécessaire en raison du temps qui peut être nécessaire pour que le système thermoacoustique 20 atteigne un état stable. De plus, la deuxième source de refroidissement 61 peut compléter le refroidissement primaire du système thermoacoustique quand des conditions sont inefficaces ou un refroidissement additionnel est nécessaire.

[0029] La figure 7 est une autre illustration d'un moteur et d'un système thermoacoustique. Le système de la figure 7 comprend un dispositif de commande 70 et un commutateur 71. Le dispositif de commande 70 peut comprendre un thermomètre ou une thermistance pour surveiller la température du gaz d'échappement. Le dispositif de commande 70 peut commander le commutateur 71 pour activer ou désactiver le système thermoacoustique. Le commutateur 71 peut comprendre une vanne mécanique qui commande de manière variable le flux d'échappement provenant du moteur 40 jusqu'à l'échangeur de chaleur 10 ou jusqu'au système d'évacuation 72. Le commutateur 71 peut comprendre un commutateur électrique qui allume et éteint la source acoustique.

[0030] Dans un exemple, le dispositif de commande 71 peut comparer la température des gaz d'échappement avec un ou plusieurs seuils. Le système thermoacoustique peut être utilisé seulement dans une plage de températures prédéterminée. Dans un autre exemple, la quantité de gaz d'échappement qui peut être déviée jusqu'au système thermoacoustique peut être une fonction de la température. Par exemple, le moteur 40 peut commencer à tourner à une température inférieure, quand les gaz d'échappement atteignent le seuil de température, le dispositif de commande 70 et le commutateur 71 commutent l'échappement du système d'évacuation 72 à l'échangeur de chaleur 10, et finalement au système thermoacoustique 20. Dans un autre exemple, le dispositif de commande 70 peut

identifier quand la température d'échappement devient trop élevée et peut endommager l'échangeur de chaleur 10 ou le système thermoacoustique 20.

[0031] La figure 8 représente de multiples génératrices 100A-C. Les génératrices 100A-C peuvent être connectées à un bus commun pour délivrer une puissance à une charge commune. Les génératrices 100A-C peuvent être synchronisées ou mises en parallèle. Les génératrices 100A-C peuvent partager un système thermoacoustique. Par exemple, les lignes d'échappement des génératrices 100A-C peuvent être connectées physiquement à l'échangeur de chaleur 10, au système thermoacoustique 20 et à un système de refroidissement 160 décrit ci-dessus. Le système de refroidissement 160 peut refroidir un, certains ou tous les moteurs des génératrices 100A-C. Dans un exemple, différentes combinaisons des génératrices 100A-C sont connectées par le dispositif de commande 70 et le commutateur 71 en fonction de la température. En plus ou en variante, le dispositif de commande 70 peut commander de manière sélective quelles génératrices 100A-C sont refroidies par le système de refroidissement 160. Des composants additionnels du moteur 10 peuvent comprendre un collecteur, un ou plusieurs cylindres, une alimentation en carburant, un régulateur de vitesse, un système de lubrification et un démarreur. Le commutateur 71 peut allumer et éteindre la source acoustique d'entrée 25 pour coïncider avec les gaz d'échappement qui sont déviés jusqu'au système thermoacoustique.

[0032] Comme représenté par la figure 9, le dispositif de commande 70 peut comprendre un processeur 300, un dispositif d'entrée 305, une interface de communication 303, une mémoire 302 et un affichage. L'affichage peut être intégré avec le dispositif informatique ou fourni par un poste de travail 309. La base de données 307 peut comprendre des paramètres pour le système thermoacoustique 20. Des composants additionnels, différents ou moins nombreux peuvent être inclus.

[0033] Le circuit de détection 311 peut être un thermomètre ou une thermistance comme expliqué ci-dessus. Le processeur 300 peut commander le commutateur 71 ou un autre aspect du système thermoacoustique 20 en fonction de la sortie du circuit de détection 311. D'autres types de capteurs pour le circuit de détection 311 sont des détecteurs de gaz, des détecteurs de mouvement, des capteurs de température, des capteurs de pression et des capteurs internes du moteur. Des exemples de détecteurs de gaz peuvent comprendre un ou plusieurs parmi un détecteur d'oxygène, un détecteur de dioxyde de carbone, un détecteur de monoxyde de carbone ou un détecteur d'émission. Le processeur 300 peut commander le commutateur 71 ou le système thermoacoustique 20 sur la base de la sortie de n'importe lequel de ces capteurs.

[0034] Le processeur 300 peut comprendre un processeur général, un processeur de signal numérique, un circuit intégré spécifique à une application (ASIC), un réseau de portes programmable par l'utilisateur (FPGA), un circuit analogique, un circuit

numérique, des combinaisons de ceux-ci ou n'importe quel autre processeur actuellement connu ou développé ultérieurement. La mémoire 302 peut être une mémoire volatile ou une mémoire non volatile. Les mémoires peuvent comprendre une ou plusieurs parmi une mémoire morte (ROM), une mémoire vive (RAM), une mémoire flash, une mémoire morte programmable et effaçable électriquement (EEPROM) ou un autre type de mémoire. La mémoire 201 peut être amovible par rapport au dispositif de commande 302 et la mémoire 15 peut être amovible par rapport au moteur, telle qu'une carte mémoire numérique sécurisée (SD). L'interface de communication 303 peut comprendre une interface physique, une interface électrique et/ou une interface de données. L'interface de communication 303 fournit des communications sans fil et/ou par câble dans n'importe quel format actuellement connu ou développé ultérieurement.

REVENDECATIONS

1. Moteur comprenant :

un système d'échappement ;

un système de refroidissement ;

un premier dispositif thermoacoustique configuré pour convertir de l'énergie thermique provenant du système d'échappement pour amplifier une onde acoustique ;

et

un deuxième dispositif thermoacoustique configuré pour convertir de l'énergie en onde acoustique amplifiée jusqu'à une entrée pour le système de refroidissement.

2. Moteur selon la revendication 1, dans lequel le premier dispositif thermoacoustique comprend au moins un amplificateur chaleur/son en connexion thermique avec au moins un échangeur de chaleur du système d'échappement.

3. Moteur selon la revendication 2, dans lequel au moins un échangeur de chaleur comprend un radiateur.

4. Moteur selon la revendication 1, dans lequel l'amplificateur chaleur/son comprend un empilement de plaques parallèles de matériau poreux.

5. Moteur selon la revendication 1, dans lequel le deuxième dispositif thermoacoustique comprend un système de conversion son/froid.
6. Moteur selon la revendication 1, comprenant en outre :
un milieu de transfert entre le premier dispositif thermoacoustique et le deuxième dispositif thermoacoustique.
7. Moteur selon la revendication 6, dans lequel le milieu de transfert comprend un gaz noble.
8. Moteur selon la revendication 1, dans lequel le premier dispositif thermoacoustique comprend une pluralité d'étages thermoacoustiques.
9. Générateur comprenant :
un moteur ;
un alternateur entraîné par le moteur ;
un système d'échappement ;
un système de refroidissement ;

un premier dispositif thermoacoustique configuré pour convertir de l'énergie thermique provenant du système d'échappement pour amplifier une onde acoustique ;
et

un deuxième dispositif thermoacoustique configuré pour convertir de l'énergie en onde acoustique amplifiée jusqu'à une entrée pour le système de refroidissement.

10. Ensemble de générateurs comprenant :

un système d'échappement pour l'ensemble de générateurs ;

un système de refroidissement pour l'ensemble de générateurs ;

un premier dispositif thermoacoustique configuré pour convertir de l'énergie thermique provenant du système d'échappement pour amplifier une onde acoustique ;
et

un deuxième dispositif thermoacoustique configuré pour convertir de l'énergie en onde acoustique amplifiée jusqu'à une entrée pour le système de refroidissement.

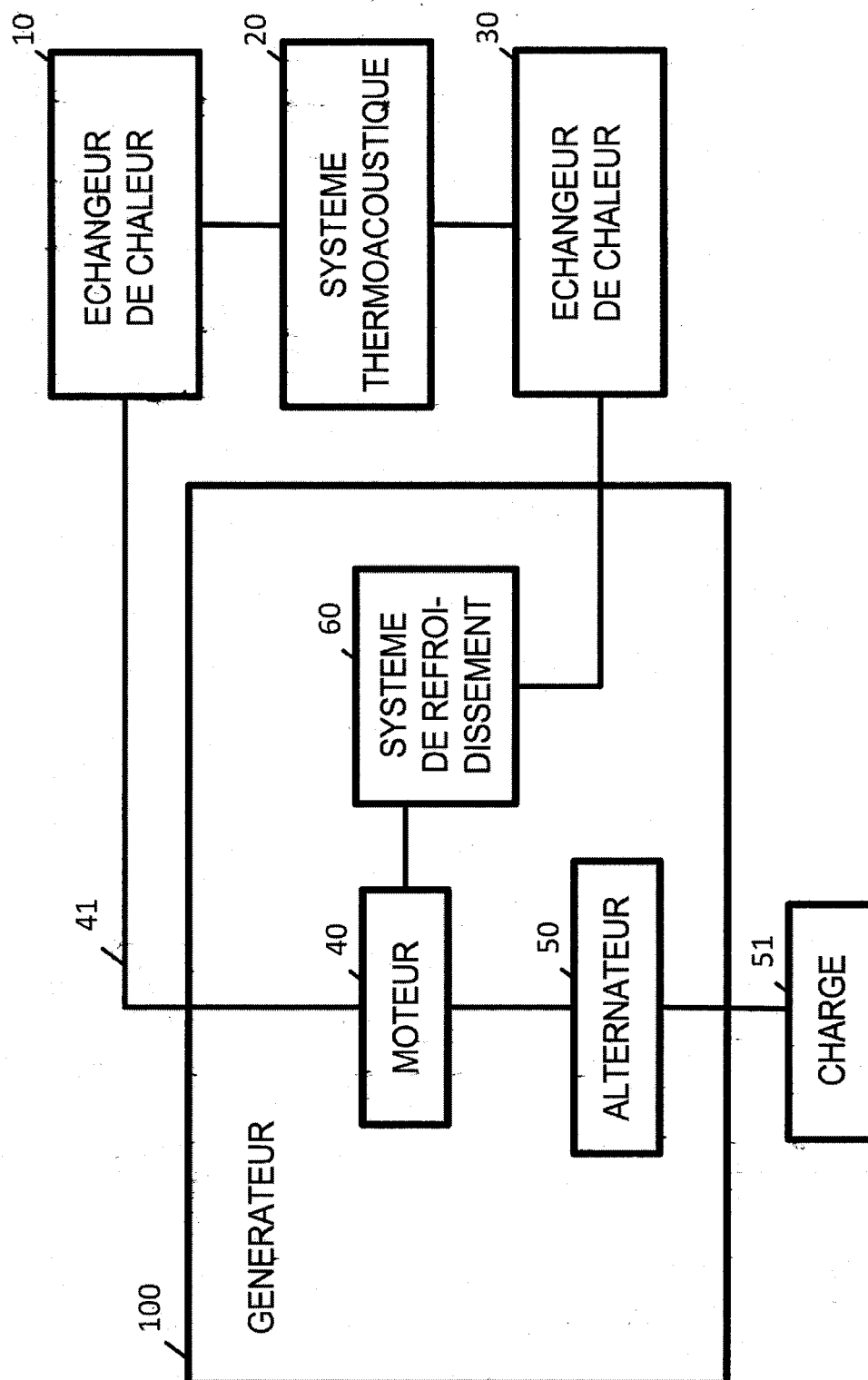


FIG. 1

2/9

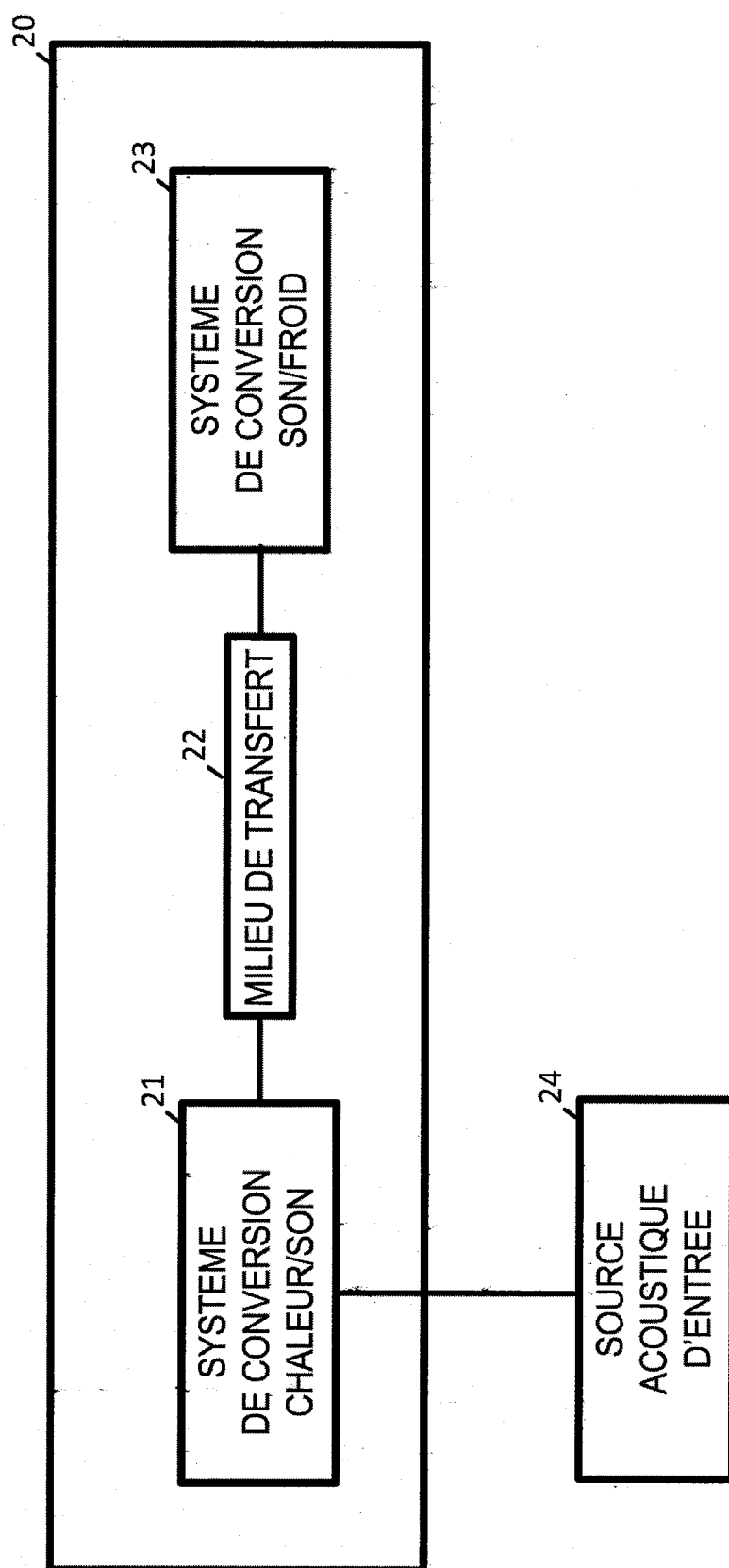


FIG. 2

3/9

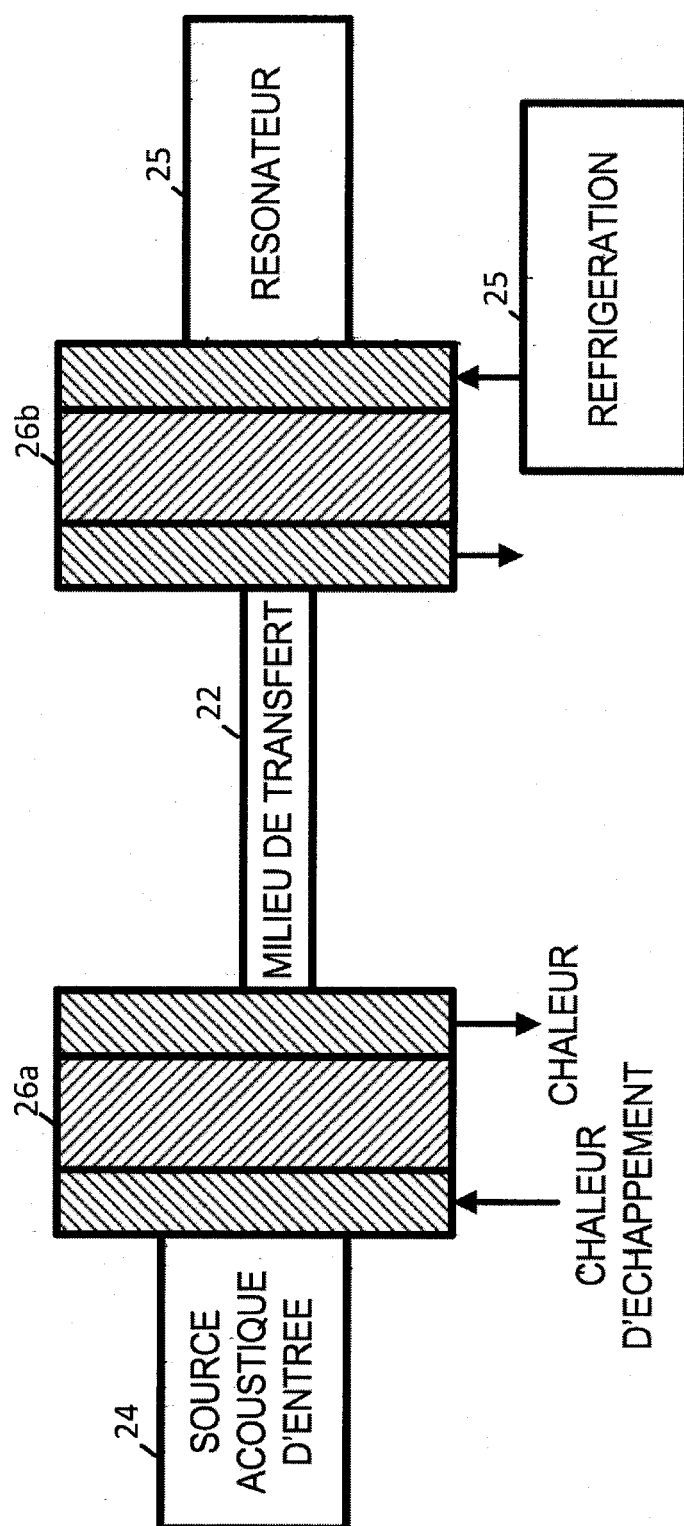
20

FIG. 3

4/9

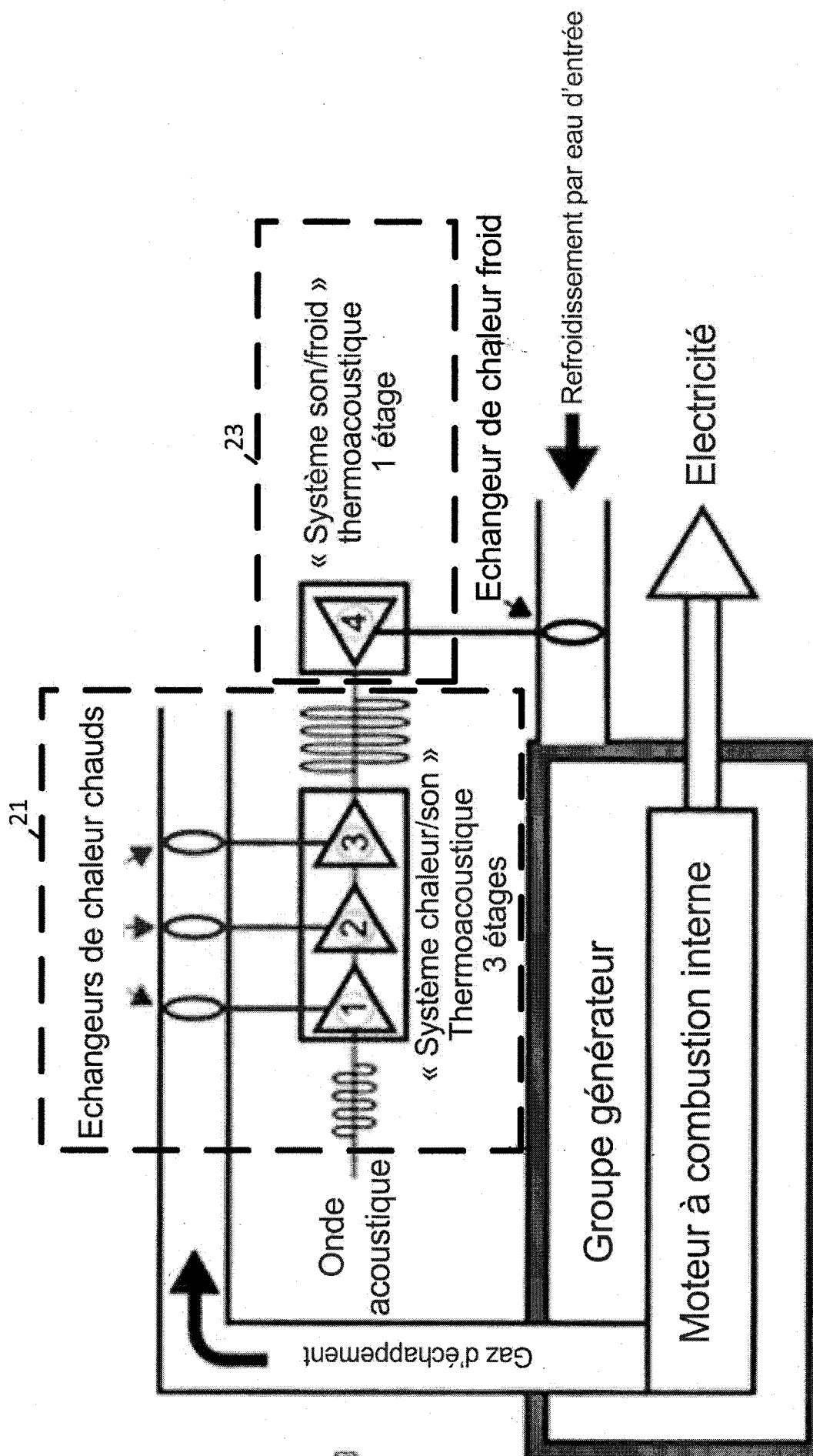


FIG. 4

5/9

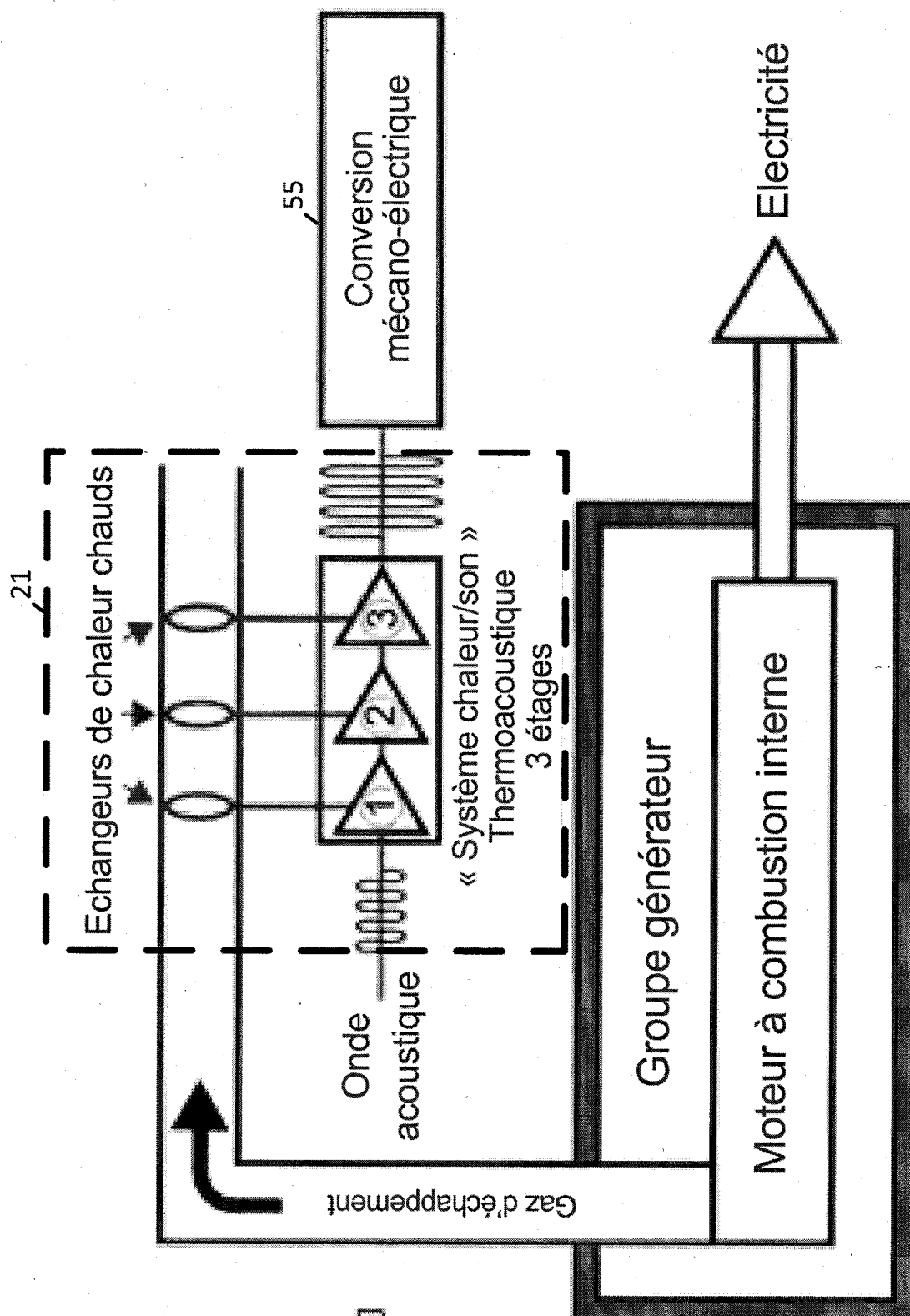


FIG. 5

6/9

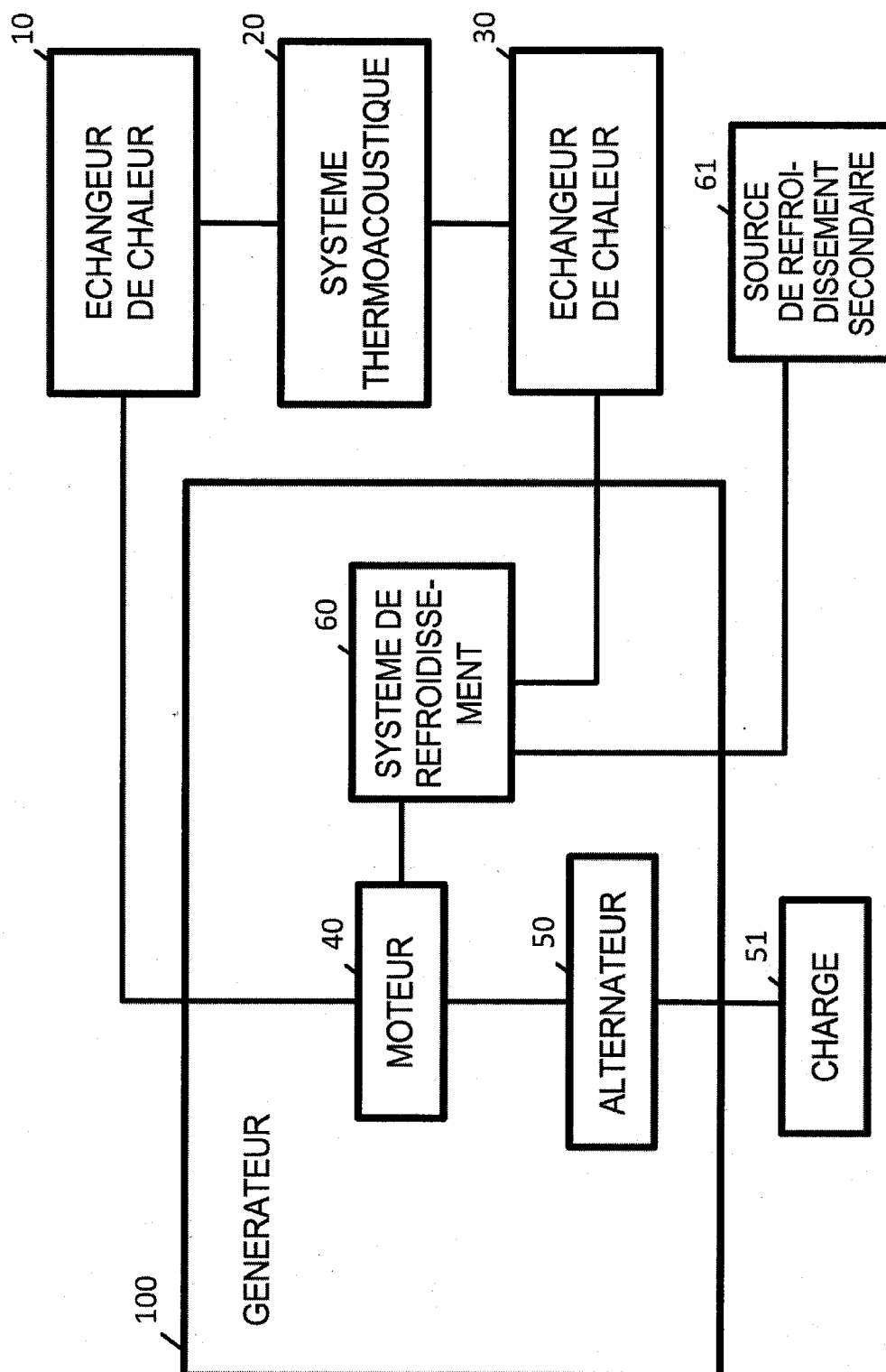


FIG. 6

7/9

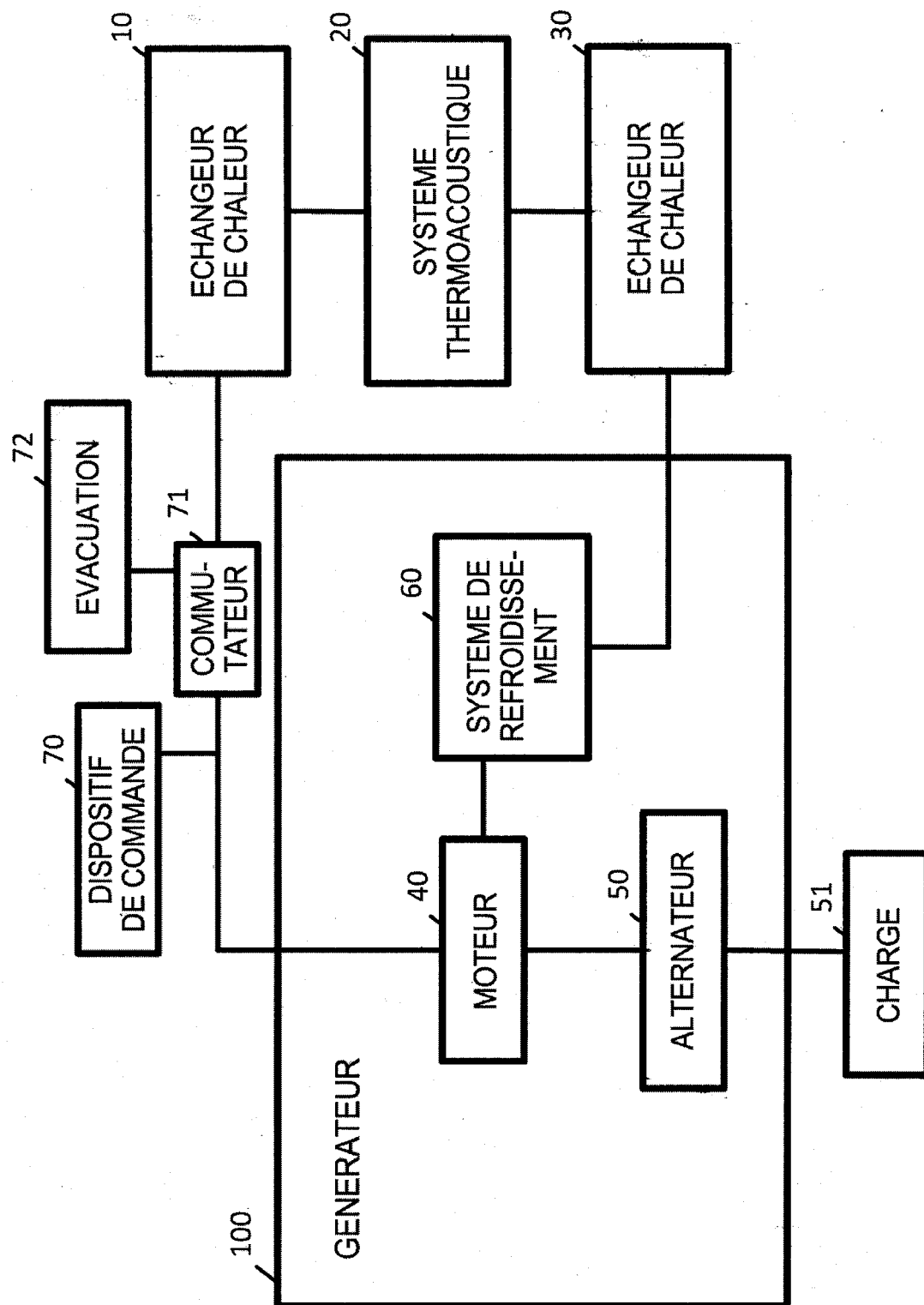


FIG. 7

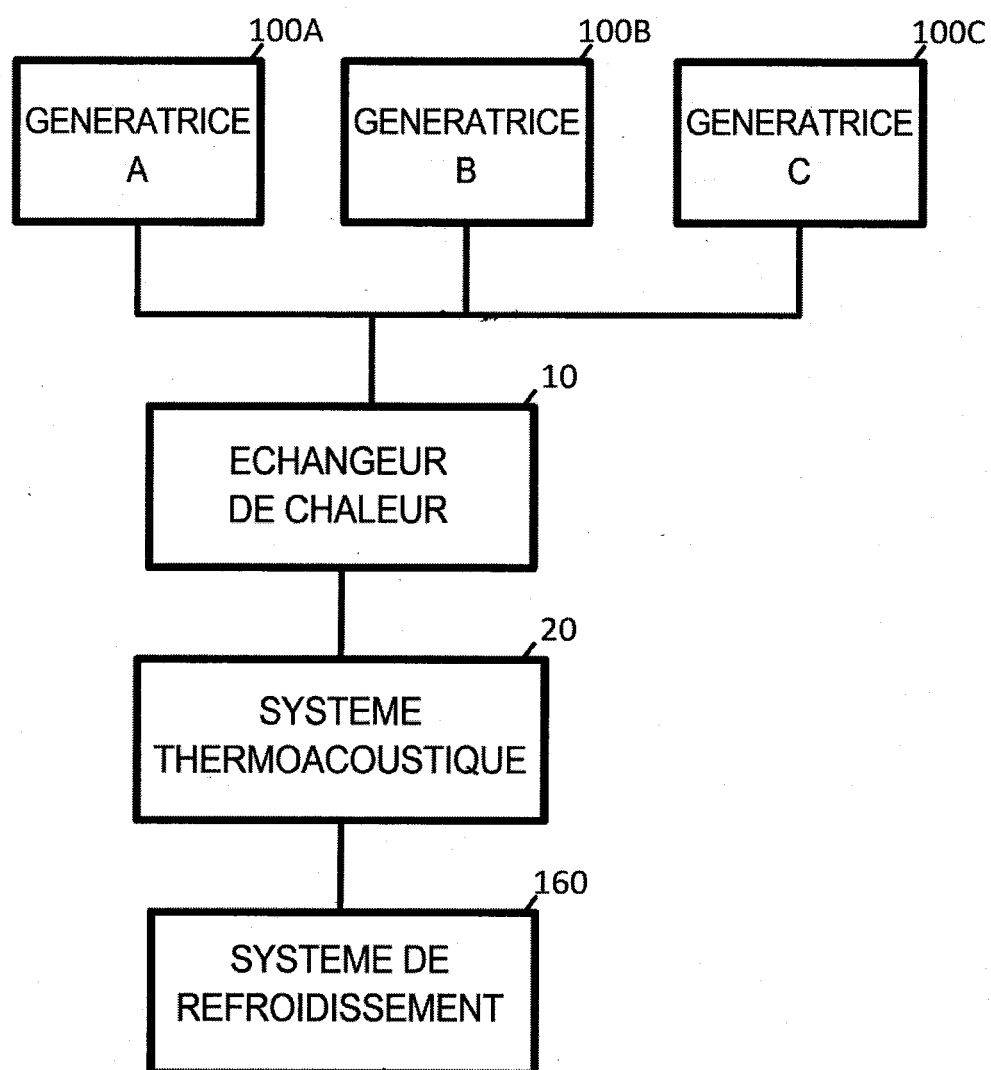


FIG. 8

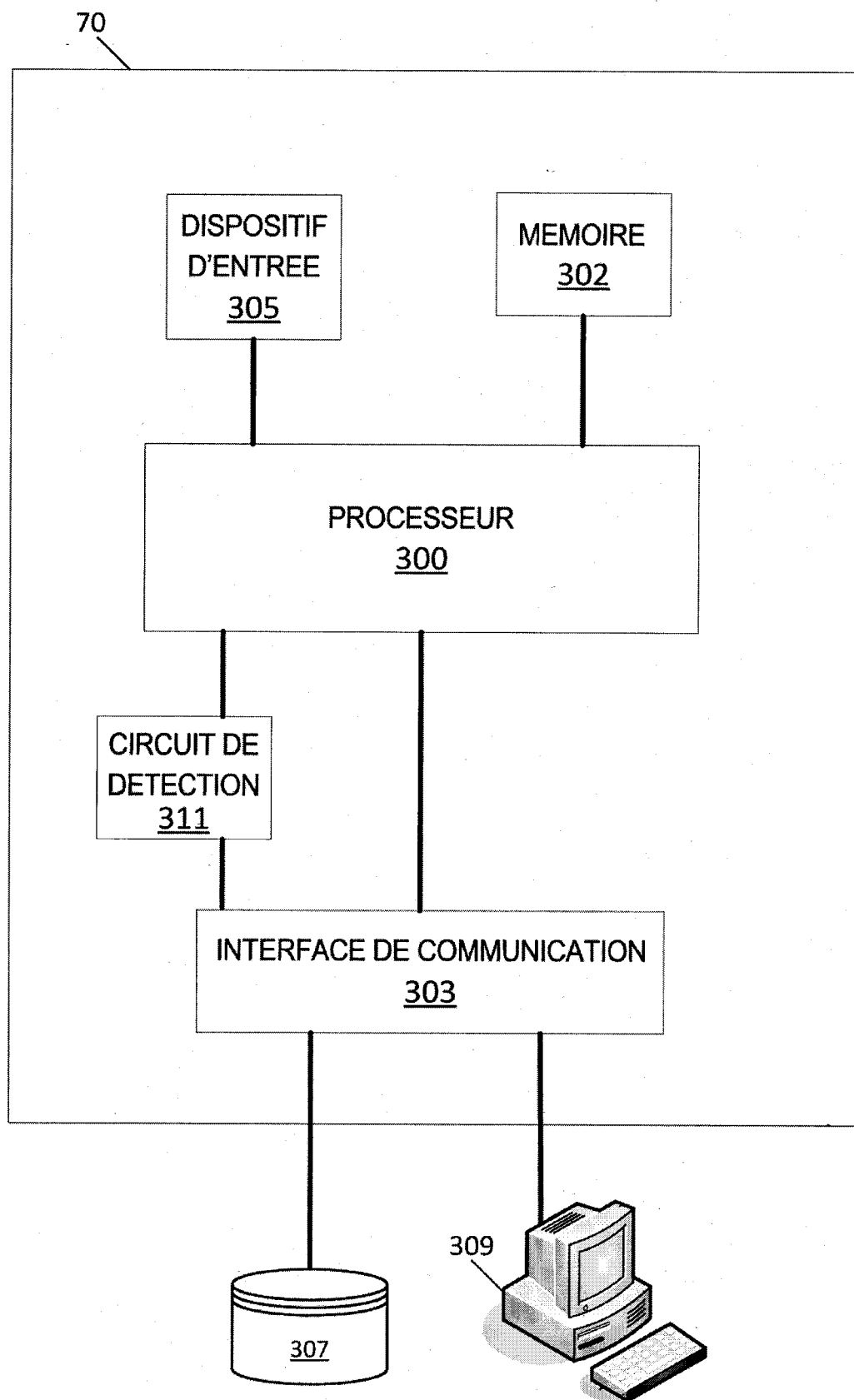


FIG. 9