

transformation d'un respirateur artificiel fonctionnant en circuit ouvert en un respirateur en circuit fermé

La réanimation en médecine va devoir faire face à deux défis majeurs dans l'avenir: le vieillissement de la population et le manque de personnel soignant.

Il devient donc nécessaire de faciliter l'accès aux services de médecine intensive et notamment aux respirateurs artificiels comme le démontre la pandémie actuelle.

Au début de la pandémie de coronavirus, une des craintes des personnels soignants a été de manquer de respirateurs artificiels.

Devant ce problème potentiel, le projet Makair consistant en un respirateur facile et peu coûteux à fabriquer a vu le jour. Nous avons donc décidé de travailler sur cet appareil.

Ce TIPE fait l'objet d'un travail de groupe.

Liste des membres du groupe :

- VAUTERIN Louis

Positionnement thématique (ETAPE 1)

SCIENCES INDUSTRIELLES (Traitement du Signal), PHYSIQUE (Physique de la Matière), INFORMATIQUE (Informatique pratique).

Positionnement thématique (ETAPE 2)

SCIENCES INDUSTRIELLES (Automatique), PHYSIQUE (Mécanique), SCIENCES INDUSTRIELLES (Génie Mécanique).

Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>respirateur artificiel</i>	<i>Artificial ventilator</i>
<i>circuits ouverts et fermés</i>	<i>open / closed - circuit ventilation</i>
<i>asservissement en pression</i>	<i>pressure control</i>
<i>mécanique des fluides</i>	<i>fluid mechanics</i>
<i>asservissement numérique</i>	<i>digital control</i>

Bibliographie commentée

Le concept de ventilation mécanique remonte principalement au XVIIème siècle, à cette époque on se servait de soufflets de forgerons pour envoyer de l'air directement dans les poumons du patient. Les premiers respirateurs artificiels largement utilisés datent du début du XX ème siècle, ils étaient

nommés poumons d'acier [1] et basés sur la ventilation non invasive. Ils fonctionnaient en faisant varier la pression d'air dans un espace clos, où le patient était enfermé, pour stimuler la respiration. Des épidémies de poliomyélites (maladie infectieuse pouvant atteindre la moelle épinière et la commande neurologique de l'appareil respiratoire), dans les années cinquante, ont suscité un grand intérêt envers ces machines. En effet, la Suède durement touchée par cette maladie et ne possédant pas la technologie suffisante, dû se résoudre à l'usage de ballon à air rappelant ceux du XVII^{ème} siècle ainsi des personnes se succédaient nuit et jour pour insuffler de l'air aux malades.

Face à ces épidémies, les médecins et les ingénieurs ont créé des appareils de ventilation assistée de plus en plus performants. Aujourd'hui, les stations d'anesthésie sont devenues des stations de travail intégrant des éléments utilisant différentes technologies, en particulier mécanique et de plus en plus électronique et informatique. [2] Les principales caractéristiques nécessaires aux appareils d'anesthésie ont fait l'objet de recommandations de la SFAR (Société Française d'Anesthésie et de Réanimation) en 1994 et ont depuis peu évoluées. [3]

Il existe principalement deux types de respirateur artificiel : ceux à circuit ouvert et ceux à circuit fermé. [4] Le principe du circuit ouvert consiste à envoyer un mélange d'air et d'oxygène au patient, où les gaz expirés par le patient sont alors filtrés et rejetés à l'extérieur. Une grande partie de l'oxygène envoyé est donc perdue, en effet seul 20% du dioxygène inspiré est absorbé par le corps.

Par ailleurs, le circuit ouvert est incompatible avec l'utilisation de vapeurs anesthésiantes (« gaz anesthésiques halogénés ») dans le cadre d'un service de réanimation. En effet, ces vapeurs sont très coûteuses et polluantes, et on ne peut dès lors les rejeter dans l'air ambiant, au risque de mettre en danger le personnel soignant et de polluer l'atmosphère.

Un circuit fermé va permettre de recycler dans le circuit expiratoire la partie de l'oxygène et des gaz anesthésiants non absorbés à l'inspiration par le patient et d'empêcher la réinhalation du dioxyde de carbone (expiré par le patient) à l'aide d'un absorbeur de dioxyde de carbone contenant de la chaux sodée.[3] Le patient va donc respirer plusieurs fois les mêmes gaz et sa consommation en oxygène est compensée par un apport constant d'oxygène frais avec un petit débit de l'ordre de 1 l par minute provenant du respirateur.

Néanmoins, dans les deux cas l'asservissement du respirateur nécessite un contrôle de la pression à la centaine de pascal près. En effet, une trop forte pression lors de l'insufflation des gaz pourraient conduire à des barotraumatismes pulmonaires qui peuvent entraîner des pneumothorax ou être létaux pour le patient. Au contraire, une trop faible pression pourrait conduire à une diminution de la surface des échanges gazeux (les alvéoles pulmonaires vont avoir tendance à se collaber entre elles), voire même à l'exclusion de lobes pulmonaires entiers des poumons lors de l'insufflation. [5]

A l'aide d'une turbine, le makair récupère de l'air extérieur qui est envoyé au patient. L'air expiré par le patient est rejeté à l'extérieur. Le contrôle de la pression se fait grâce à deux valves de pression, une sur le tube d'entrée de l'air et l'autre située sur le tube de sortie des gaz expirés. Des servomoteurs montés sur ces valves vont leur permettre de plus ou moins appuyer sur les tubes et ainsi de réguler le débit d'air inspiré et expiré. [6]

Problématique retenue

Notre sujet a pour but de répondre aux questions suivantes:

- Comment transformer le Makair en un respirateur utilisable en circuit fermé?
- Quelles améliorations pourraient être apportées à cette machine en cas d'utilisation en circuit fermé?
- Quelles sont les conséquences de cette transformation sur l'asservissement en pression?

Objectifs du TIPE

- 1) Mettre en place la fermeture du circuit
- 2) S'assurer de l'étanchéité du système
- 3) Etudier les conséquences de ces modifications sur l'asservissement en pression de cette machine
- 4) Mettre en place une maquette personnelle de cette machine afin de pouvoir proposer des améliorations
- 5) Comprendre l'aspect théorique des mouvements et variations de pression de l'air dans cette machine et dans les poumons en général

Références bibliographiques (ETAPE 1)

- [1] PHILIP DRINKER AND LOUIS A. SHAW : An apparatus for the prolonged administration of artificial respiration : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC434785/pdf/jcinvest00523-0045.pdf>
- [2] PHILIPPE MAVOUNGOU : Obsolescence des stations d'anesthésie : *revue le praticien en anesthésie-réanimation cahier 1 volume 10 octobre 2006*
- [3] SFAR(SOCIÉTÉ FRANÇAISE D'ANESTHÉSIE ET DE RÉANIMATION) : respirateur artificiel : https://www.srlf.org/wp-content/uploads/2015/12/20151124-Formation_Referent_Materiel_Anesthesie_Reanimation-Socle_de_competence.pdf page (21-22, 29-32)
- [4] A.NEIDHARDT, H.FLICOTEAUX : Des circuits d'anesthésie : *Besançon 1997*
- [5] R.FLANDROIS : Physiologie respiratoire : *PCEM grange blanche édition 1989*
- [6] ÉQUIPE MAKAIR : makair page d'accueil : <https://makair.life/>

DOT

- [1] *Début septembre 2021: contact avec l'hôpital privé Dijon-Bourgogne en vue d'obtenir des renseignements sur le fonctionnement des respirateurs artificiels.*

- [2] *Mi-octobre 2021: élaboration d'un projet de construction d'un respirateur asservi avec des capteurs sensoriels, non abouti car trop complexe.*
- [3] *Début novembre 2021: découverte du projet Makair, prise de contact avec un des ingénieurs du projet.*
- [4] *Début janvier 2022: réception de la machine, présentation de ce respirateur par l'ingénieur, prise en main de la machine.*
- [5] *Mi-janvier 2022: fermeture du circuit du Makair, résultats encourageants, mais pas satisfaisants car superficiels.*
- [6] *Mi-février 2022: construction de la maquette pour recréer un asservissement en pression en circuit fermé.*
- [7] *Début mai 2022 : réalisation des tests sur la maquette.*