**Ventilateur d’urgence pour lutter contre le COVID-19 (2020) – Version Francaise**

* [Institut des Sciences et Technologies Industrielles (inSTI)](https://www.hesge.ch/hepia/rad/insti)
  + [Électronique](https://www.hesge.ch/hepia/groupe/electronique)
  + [Automatique et robotique](https://www.hesge.ch/hepia/groupe/automatique-robotique)

**Comment HEPIA a répondu à une demande des HUG pour produire des respirateurs en un temps record? En mettant en commun ses compétences multidisciplinaires en matière d'ingénierie, afin d'automatiser un réanimateur manuel, couramment utilisé par les urgentistes, comme moyen potentiel de ventilation à plus long terme.**

La crise sanitaire actuelle se répercute de façon extrêmement violente et rapide sur les hôpitaux et il n’est pas impossible que la disponibilité du personnel et du matériel devient un problème majeur ; notamment en ce qui concerne les ventilateurs invasifs, utilisés pour l’assistance respiratoire.

Les intensivistes sont toutefois confiants et bien préparés, et selon les derniers chiffres le nombre de respirateurs disponibles devraient couvrir les besoins actuels. Cependant il n'est pas exclu, selon certains scenarii, qu'il puisse en manquer cruellement dans quelques semaines. Cette situation n’est malheureusement pas spécifique à la Suisse, en ce 6 avril 2020, mais concerne tous les pays.

À cet effet, un médecin des HUG (Hôpitaux Universitaires de Genève) a contacté HEPIA pour étudier la possibilité de construire des ventilateurs invasifs très simples, destinés à l’assistance respiratoire de patients intubés, afin de répondre à des besoins locaux en cas d’urgence extrême.

**Objectif**

**La demande des HUG était précise : pouvoir produire 50 dispositifs, dans un délai de 2 à 3 semaines, afin de palier à un éventuel scenario catastrophe de pénurie d’appareils et d'épargner au personnel soignant d'être amené à faire des choix.**

HEPIA a alors mis sur pied, en un jour, une équipe de professeurs et assistants de recherche dans les domaines de la conception, de la mécanique, de l’automatisme, de l’électronique, de l’informatique… mais a aussi intégré à cette équipe la startup ANGARA Technology ; spécialisée dans la mesure, le contrôle et l’automation.

Les premières 48 heures ont été consacrées essentiellement à l'étude des caractéristiques que doivent remplir les respirateurs utilisés dans la crise COVID-19 et à identifier les dispositifs créés dans l’urgence sanitaire par de nombreux instituts de recherche de par le monde tel que celui produit par le MIT.

**Pour quelle solution opter ?**

Recopier un système dont les plans sont disponibles sur internet ou concevoir un système répondant aux besoins exprimés par nos hôpitaux ? Pour des raisons de fiabilité du dispositif, il a été décidé de partir de matériels rapidement disponibles et surtout extrêmement fiables en termes fonctionnement et de durée de vie.

Une étude sur les diverses solutions techniques est réalisée (moteurs rotatifs, moteurs linéaires, etc.) et, étant donné la contrainte temporelle, une solution a rapidement émergé : automatiser des ventilateurs manuels *AmbuBag*. Cette solution est notamment celle choisie par de nombreux projet tel que le celui-ci est notamment choisi comme solution par un projet similaire conduit par le MIT.

Les deux jours suivants ont été employés à définir les différents paramètres physiques que devraient apporter le respirateur, à trouver les matériels (prix et délais de livraison) et à identifier les ateliers permettant de réaliser les différentes pièces (par usinage, par prototypage rapide 3D), etc.

**Premiers schémas d’architectures électronique et mécanique**

*Architecture électronique proposée 2 jours après avoir reçu la demande initiale. © HEPIA, institut inSTI*

*Architecture mécanique proposée 3 jours après avoir reçu la demande initiale. © HEPIA, institut inSTI*

**Concept global**

La gestion du système sera assurée par un microcontrôleur de type *Arduino*, avec en entrée 3 paramètres réglables par l’utilisateur : le nombre de respirations par minute BPM, le volume d’air VT en litres et le rapport d’inspirations/expirations IE. De plus, la mesure de la pression sera monitorée au plus près du patient ainsi que les signaux de retour du driver de commande du moteur linéaire LECPA.

À tout moment, la pression est mesurée, ainsi que les signaux de diagnostic de fonctionnement du moteur. Si une défaillance est détectée, l’alarme est enclenchée et une commande d’ouverture du système est envoyée afin de relâcher l’*AmbuBag* et ainsi pouvoir l’activer manuellement.

Le système affichera également la « pression plateau » entre l’inspiration et l’expiration, nécessaire au diagnostic.

Une communication via une prise USB permettra de retourner les mesures vers un PC, et les afficher via une interface graphique. Cette interface développée en LabVIEW permet la visualisation des différents paramètres (établis au travers des potentiomètres physique) ainsi qu’une visualisation sous forme de graphique temporel, de la pression instantanée, de la pression plateau, et de la position moteur.

A noter que cette interface est optionnelle et que son arrêt ou mise en route peut se faire à tout moment sans interférer avec le fonctionnement du système.

**Emergency Ventilator to fight against COVID-19 (2020) – English version.**

* [Institut des Sciences et Technologies Industrielles (inSTI)](https://www.hesge.ch/hepia/rad/insti)
  + [Électronique](https://www.hesge.ch/hepia/groupe/electronique)
  + [Automatique et robotique](https://www.hesge.ch/hepia/groupe/automatique-robotique)

**How HEPIA did reply to the HUG request for a production of Emergency Ventilator in a really short delivery time? By gathering the necessary multidisciplinary engineering expertise to automate à manual ventilator, commonly used by emergency services in order to make it into a potential longer term, ventilation system.**

The on-going sanitary crisis is propagating really fast and with violence. It then become a possible scenario that personnel or material starts to run out and this may be the case for invasive ventilators used to help sedated patients to breath.

The intensivists are confident and well prepared and according to the latest figures, the number of respirators available should cover current needs. However, it is not excluded, according to certain scenarios, that it may be sorely lacking in a few weeks. This situation is unfortunately not specific to Switzerland, on April 6, 2020, but concerns all countries.

To this end, a doctor from the HUG (University Hospitals of Geneva) contacted HEPIA to study the possibility of setting up a very simple invasive ventilators, intended for the respiratory assistance of intubated patients, in order to meet local needs in case of extreme emergency

**Objectives**

**HUG's request was precise: to be able to produce 50 devices, within 2 to 3 weeks, in order to overcome a possible catastrophic scenario of device shortage and to save healthcare staff from having to make choices.**

HEPIA then set up, within one day, a team of professors and research assistants in the fields of design, mechanics, automation, electronics, IT ... but also integrated into this team the start-up **ANGARA Technology**; specialized in measurement, control and automation.

The first 48 hours were spent essentially studying the characteristics that the respirators used in the COVID-19 crisis must fulfil and identifying the devices created in emergency health by many research institutes around the world such as the prototype of MIT.

**Which solution to choose?**

Why not copy a system whose plans are available on the internet or design a system that meets the needs expressed by our hospitals? For reasons of reliability of the device, it was decided to start from rapidly available equipment and above all extremely reliable in terms of operation and lifespan.

A study on the various technical solutions is carried out (rotary motors, linear motors, etc.) and, given the time constraint, a solution quickly emerged: automating AmbuBag manual fans. This concept is the one selected by several emergency ventilator projects, such as the one from MIT.

The following two days were used to define the different physical parameters that the respirator should bring, to find the materials (price and delivery times) and to identify the workshops allowing the various parts to be produced (by machining, by rapid 3D prototyping) , etc.

**First presentation of the electronical architecture scheme and mechanics.**

*Electronic architecture presented two days after the initial request. © HEPIA, institut inSTI*

*Electronic architecture presented two days after the initial request. © HEPIA, institut inSTI*

**Overall concept**

The system is managed by an Arduino-type microcontroller, with 3 user-adjustable parameters as input: the number of breaths per minute BPM, the volume of air VT (in liters) and the IE inspirations / expirations ratio. These parameters are adjustable via physical potentiometers.

In addition, the pressure measurement is monitored as close as possible to the patient as well as the feedback signals from the LECPA linear motor control driver.

At all times, the pressure is measured, as well as the setup operating diagnostic signals. If a fault is detected, An alarm is triggered and a command to open the system is sent in order to release the AmbuBag so it can be activated manually.

A small Display is used to shows the parameters set up via the potentiometers as well as actual pressure measured. The system also displays the "plateau pressure" between inspiration and expiration, necessary for diagnosis.

Communication via a USB socket enables measurements and settings to be returned to a graphical interface on a Computer. This interface developed in LabVIEW allows the visualization of the different parameters as well as a visualization as time graph of the instantaneous pressure, the plate pressure, and the motor position.

Note that this interface is optional and that stopping or starting can be done at any time without interfering with the operation of the system.