

---

# LMECA2840 - Project in mechanical design

## Rapport technique I : Description du projet et cahier des charges

---

BREVI Matteo	7708-16-00
CREELLE Robbe	3693-17-00
DIRIKEN Axel	3382-17-00
MARCHAL Youri	6170-17-00
PERES Hugo	4454-16-00
PHILIPIN Aurélien	4622-17-00

9 OCTOBRE 2020 - GROUPE A5



# 1 Description de l'activité du partenaire industriel et de l'entreprise

L'entreprise cliente, Roadfour, est une entreprise belge visant à développer un nouveau concept d'avion bombardier d'eau (SEAGLE) afin de combattre les feux de forêt de plus en plus récurrents dans certaines régions du monde. Nous avons tous déjà entendu parler du Canadair, un avion qui remplit ses réservoirs en effectuant un passage sur une étendue d'eau (salée ou douce). Le Canadair déverse les 6000 litres d'eau de ses réservoirs sur le feu en question. Le canadair a été conçu dans les années 1960 et a connu des mises à jour jusque dans les années 90. Roadfour a décidé de s'engager pour développer un nouvel avion qui viendrait en aide au Canadair et aurait une capacité plus importante par rapport aux 6000 litres d'eau du Canadair.

Le SEAGLE, imaginé par Roadfour, a un objectif similaire au Canadair, sauf que son développement, plus récent, le distingue du Canadair sur certains points. Le SEAGLE est muni de "foils" en-dessous de sa coque, ce qui lui permet un contact limité avec l'eau. Des "foils" (déjà populaires sur des planches à voile, des catamarans, ...) sont des profilés spéciaux qui ressemblent à des ailerons inversés. Ils permettent de supprimer le contact direct entre les flotteurs (ou la coque d'un avion dans notre cas) et l'eau, tout en assurant que ces flotteurs restent à une hauteur plus ou moins constante de la surface de l'eau. Cela permet d'une part de réduire le frottement, et d'autre part cela joue aussi un rôle d'amortisseur, car au lieu de frapper contre la coque d'un bateau, les vagues passent en dessous de celle-ci, ce qui réduit considérablement les contraintes dues au contact avec l'eau. Ceci n'est pas négligeable. Les pilotes d'un Canadair ressortent régulièrement avec des hématomes après une intervention, à cause de la brutalité des chocs lors du remplissage des réservoirs. Cette réduction de contrainte permet au SEAGLE de voler à vitesse plus élevée lors du remplissage de ses réservoirs et ses matériaux vont être soumis à des contraintes nettement plus faibles, ce qui lui permettrait d'être plus durable et plus fiable. Tout comme le Canadair, le SEAGLE est également capable d'amerrir. Ses réservoirs sont cependant bien plus grands, il peut atteindre des vitesses supérieures, tout en gardant une taille plus ou moins équivalente à ce dernier.

## 2 Explication de la problématique

Roadfour et notre équipe travaillent main dans la main pour l'étape d'assemblage du SEAGLE. Nous sommes chargés de développer un pont roulant pour la ligne d'assemblage de ce dernier. En effet, la construction de l'avion sera entièrement assurée par Roadfour et le pont roulant doit être capable de soulever et manipuler tout type de pièce : des pièces les plus volumineuses et lourdes aux pièces plus compactes et légères. Il faut donc que nous développions un pont roulant des plus polyvalents. De plus, ce pont sera également utilisé pour assembler des pièces entre-elles et pour cela il faut pouvoir les orienter de façon adéquate. Le pont roulant effectue le transport de diverses pièces entre trois endroits : le "magasin", où sont stockées les pièces, l'"atelier d'assemblage", où certaines pièces sont assemblées entre-elles, modifiées, et, enfin, l'"atelier d'assemblage final", où toutes les pièces (dont certaines préassemblées) du SEAGLE sont assemblées pour former l'avion "fini".

## 3 Description du sujet de votre dispositif mécanique

Le pont roulant doit être capable de soulever des charges de 15 tonnes (charge utile), de les manipuler et de les orienter dans plusieurs directions afin de rendre l'assemblage de n'importe quelle pièce possible entre-elles. Il doit aussi être possible de transporter ces pièces d'un endroit à l'autre du hangar.

Le pont doit pouvoir être commandé par un utilisateur; il sera utilisé à la fois pour transporter et déposer des grosses pièces d'avion - afin que celles-ci soit fixées sur l'avion - ainsi que pour l'assemblage d'éléments plus petits, comme l'installation électronique dans les pièces détachées de l'avion, par exemple. Il est donc important que notre produit soit précis, polyvalent et rapide.

Groupe A5 - V2.0	SEAGLE pont roulant : spécifications	
Contexte	Design d'un pont roulant servant à la ligne finale d'assemblage d'un avion "firefighting".	
Date	Origine	Fonctions principales
03/10/20	Client	<b>FP1</b> : Prise en charge des pièces du SEAGLE.
03/10/20	Client	<b>FP2</b> : Soulever des pièces détachées du SEAGLE.
03/10/20	Client	<b>FP3</b> : Présentation <sup>1</sup> des pièces détachées du SEAGLE.
03/10/20	Client	<b>FP4</b> : Déplacer les pièces détachées du SEAGLE.
03/10/20	Client	<b>FP5</b> : Libérer les pièces.
03/10/20	Client	<b>FP6</b> : Pilotage du pont roulant.
03/10/20	Client	<b>FP7</b> : Maintenir les pièces détachées du SEAGLE dans une position donnée.
03/10/20	Client	<b>FP8</b> : Fonctionnement du pont à vide.
		Niveaux et critères des FP
03/10/20	Groupe	<b>CFP1.1</b> : Les pièces doivent être attachées par 3 personnes.
03/10/20	Groupe	<b>CFP1.2</b> : Une manoeuvre de mise en tension du dispositif d'attache est prévue avant le déplacement de la pièce.
03/10/20	Client	<b>CFP1.3</b> : Le mécanisme de prise en charge ne doit pas détériorer la pièce.
03/10/20	Groupe	<b>CFP1.4</b> : L'endroit des points d'attache doit être déterminé par le client afin de ne pas détériorer les pièces.
03/10/20	Groupe	<b>CFP1.5</b> : Un système automatique doit détecter la non-fermeture d'une attache et empêcher les manoeuvres sur la pièce dans ce cas.
08/10/20	Client	<b>CFP1.6</b> : Les pièces simples ou un plateau (muni des ses propres chaines) requiert une seule attache.
08/10/20	Client	<b>CFP1.7</b> : Les pièces longues requièrent minimum 2 attaches, selon leurs longueurs (en attente de précision du client pour l'augmentation du nombre).
08/10/20	Client	<b>CFP1.8</b> : Le bloc ailes (plus grande pièce) requiert 4 points de fixation. Deux sur le longeron avant, séparés de 4.10 [m], et deux sur le longeron arrière, séparés de 4.10 [m]. Les deux longerons sont séparés de 1.95 [m].
03/10/20	Client	<b>CFP2.1</b> : La charge utile maximale à soulever est de 15 [t].
03/10/20	Client	<b>CFP2.2</b> : Les dimensions maximales des pièces à soulever sont de 36 [m] x 5 [m] x 3 [m].
07/10/20	Client	<b>CFP2.3</b> Pour les pièces dont la masse est inférieure à 500 [kg], la vitesse de soulèvement maximale est de 0.5 [m/s].
03/10/20	Client	<b>CFP2.4</b> : Pour les pièces dont la masse est supérieure à 500 [kg], la vitesse de soulèvement maximale est de 0.2 [m/s].
09/10/20	Groupe	<b>CFP2.5</b> : Un variateur de vitesse continu contrôle la variation de vitesse entre la vitesse minimale et maximale.
03/10/20	Groupe	<b>CFP2.5</b> : Un degré de liberté de mouvement est autorisé à la fois.
09/10/20	Groupe	<b>CFP2.6</b> : Le dispositif doit être capable d'effectuer une rotation de la pièce de maximum 90° selon l'axe parallèle au sol (dans la direction longitudinale du hangar).
03/10/20	Groupe	<b>CFP2.7</b> : Le couple appliqué doit être capable de faire tourner la pièce (voir CFP2.6) et de soutenir la pièce dans sa position (la valeur maximale est en discussion avec le client).
03/10/20	Groupe	<b>CFP3.1</b> : Les mouvements possibles sont les translations dans les 3 axes orthogonaux, une rotation selon l'axe parallèle au sol (dans la direction longitudinale du hangar) et une rotation selon l'axe perpendiculaire au sol.

<sup>1</sup>Le terme présentation reprend toutes les "manoeuvres", tous les déplacements requérant une plus grande précision lorsque les pièces sont à environ 10 cm de l'emplacement où elles doivent être déposées.

		Niveaux et critères des FP
03/10/20	Groupe	<b>CFP3.2</b> : Pour la présentation, un seul degré de liberté de mouvement à la fois est possible.
03/10/20	Groupe	<b>CFP3.3</b> : Pour la présentation, la vitesse de rotation minimale est de 0.02 [deg/s] ( $3.49 \cdot 10^{-4}$ [rad/s]) et maximale de 0.5 [deg/s] ( $8.73 \cdot 10^{-3}$ [rad/s]).
09/10/20	Groupe	<b>CFP3.4</b> : Pour la présentation, un variateur de vitesse angulaire continu contrôle la vitesse entre la vitesse minimale et maximale.
03/10/20	Groupe	<b>CFP3.5</b> : Pour la présentation, la vitesse de déplacement (dans les 3 directions) minimale est de 1 [mm/s] et la vitesse de translation maximale est de 5 [mm/s].
09/10/20	Groupe	<b>CFP3.6</b> : Pour la présentation, un variateur de vitesse continu contrôle la variation de vitesse entre les vitesses minimale et maximale.
03/10/20	Client	<b>CFP3.7</b> : Un minimum de 4 personnes est nécessaire pour la manipulation d'une pièce de 15 [t].
07/10/20	Client	<b>CFP4.1</b> : L'installation couvre un hangar ayant une longueur de 210 [m] et une largeur de 50.75 [m].
07/10/20	Client	<b>CFP4.2</b> : Le pont roulant monte à une hauteur de 13.5 [m].
03/10/20	Groupe	<b>CFP4.3</b> : Le déplacement se fait dans un plan horizontal au sol selon 2 degrés de liberté de translation. On ne peut utiliser qu'un seul degré de liberté à la fois.
03/10/20	Groupe	<b>CFP4.4</b> : Le chariot se rapprochera à 3 [m] de chaque mur, au plus près (pour les pièces de dimensions plus importantes, la distance minimale doit être adaptée : voir CCP5.3).
03/10/20	Groupe	<b>CFP4.5</b> : La vitesse maximale de translation longitudinale (dans la longueur du hangar) pour une pièce dont la masse est inférieure à 500 [kg] est de 0.5 [m/s].
03/10/20	Groupe	<b>CFP4.6</b> : La vitesse maximale de translation longitudinale (dans la longueur du hangar) pour une pièce dont la masse est supérieure à 500 [kg] est de 0.2 [m/s].
03/10/20	Groupe	<b>CFP4.7</b> : La vitesse maximale de translation latérale (dans la largeur du hangar) pour une pièce dont la masse est inférieure à 500 [kg] est de 0.3 [m/s].
03/10/20	Groupe	<b>CFP4.8</b> : La vitesse maximale de translation latérale (dans la largeur du hangar) pour une pièce dont la masse est supérieure à 500 [kg] est de 0.1 [m/s].
03/10/20	Groupe	<b>CFP4.9</b> : L'accélération et la décélération maximale de translation transversale et latérale est de 0.2 [m/s <sup>2</sup> ] (encore en discussion avec le client).
09/10/20	Groupe	<b>CFP4.10</b> : Un variateur de vitesse continu contrôle la variation de vitesse entre les vitesses minimale et maximale.
03/10/20	Groupe	<b>CFP5.1</b> : La fixation de l'attache sur la pièce à assembler doit être assurée avant son relâchement.
03/10/20	Groupe	<b>CFP5.2</b> : La tension dans l'attache de levage doit être entièrement relâchée avant le détachement de la pièce du dispositif de levage.
03/10/20	Groupe	<b>CFP5.3</b> : Le détachement est effectué par minimum une personne à chaque point d'attache.
03/10/20	Groupe	<b>CFP6.1</b> : Le pilotage peut s'effectuer depuis un point fixe ou peut s'effectuer depuis un point mobile (se déplaçant avec le pont).
03/10/20	Groupe	<b>CFP6.2</b> : Le pilotage est accessible de manière aisée et sûre (RGPT).
03/10/20	Groupe	<b>CFP6.3</b> : Le champ de vision du pilote dans la direction d'avance vers le bas est limité par un maximum de 3 angles morts de maximum 10°.
04/10/20	Groupe	<b>CFP6.4</b> : Un système de communication entre le pilote et le personnel au sol est établi sur une distance de maximum 210 [m].
08/10/20	Groupe	<b>CFP6.5</b> : Pour la présentation, un système de commande indépendant du poste de pilotage (fixe ou mobile) doit être prévu pour une personne au sol lors de la présentation (voir FP3), ce système aura priorité sur la commande de la cabine.
08/10/20	Groupe	<b>CPF6.6</b> : Pour la présentation, le seul moyen de commander les mouvements du pont roulant est le système de commande depuis le sol.

		Niveaux et critères des FP
03/10/20	Groupe	<b>CFP7.1</b> : Des travaux manuels sur la pièce doivent être possibles lorsque la pièce est maintenue à l'arrêt par le pont (le couple maximum exercé par le chariot sur la pièce pour la maintenir est en discussion avec le client).
08/10/20	Groupe	<b>CFP8.1</b> : A vide, la vitesse maximale de translation longitudinale (dans la longueur du hangar) est de 1 [m/s].
08/10/20	Groupe	<b>CFP8.2</b> : A vide, la vitesse maximale de translation latérale (dans la largeur du hangar) est de 0.6 [m/s].
08/10/20	Groupe	<b>CFP8.3</b> : A vide, la vitesse maximale de translation verticale est de 1 [m/s].
08/10/20	Groupe	<b>CFP8.4</b> : Le pont peut se déplacer avec un maximum de 2 degrés de liberté de translation dans le plan parallèle au sol.
		Contraintes principales
07/10/20	Client	<b>CP9</b> : Dimensions de l'installation.
03/10/20	Groupe	<b>CP10</b> : Les travaux de génie civil sont à charge du client.
03/10/20	Groupe	<b>CP11</b> : Transport du pont roulant avant assemblage.
03/10/20	Groupe	<b>CP12</b> : Assemblage du pont roulant.
03/10/20	Groupe	<b>CP13</b> : Sécurité du personnel.
03/10/20	Groupe	<b>CP14</b> : Sécurité du matériel et de l'environnement.
03/10/20	Groupe	<b>CP15</b> : Recyclage.
03/10/20	Groupe	<b>CP16</b> : Conditions de fonctionnement.
03/10/20	Groupe	<b>CP17</b> : Maintenance et contrôle.
		Niveaux et critères des CP
07/10/20	Client	<b>CCP9.1</b> : L'installation couvre un hangar ayant une longueur de 210 [m] et une largeur de 50.75 [m].
07/10/20	Client	<b>CCP9.2</b> : L'installation monte à une hauteur de 13.5 [m].
08/10/20	Client	<b>CCP9.3</b> : L'installation se situe entre une hauteur 13.5 [m] et 15.5 [m]. La hauteur maximale de l'installation est de 2 [m].
03/10/20	Groupe	<b>CCP10.1</b> : Les travaux de génie civil comprennent le chemin de roulement et la fixation du chemin de roulement (sur le bâti).
03/10/20	Groupe	<b>CCP10.2</b> : Les charges statique et dynamique que le support de génie civil doit pouvoir supporter sont prévues pour une charge de maximum 55 [t].
03/10/20	Groupe	<b>CCP10.3</b> : Le design des rails est à la charge du client et doit être adapté au mode de déplacement du pont designé par le groupe.
03/10/20	Groupe	<b>CCP11.1</b> : Le pont roulant est apporté en pièces détachées.
03/10/20	Groupe	<b>CCP11.2</b> : Les pièces doivent pouvoir être amenées dans le lieu de montage par le sol par des camions via l'entrée principale du hangar 40 [m] x 15 [m] (à confirmer par le client).
03/10/20	Groupe	<b>CCP11.3</b> : Un accès pour les camions et le montage des pièces doit être prévu dans le lieu d'assemblage.
03/10/20	Groupe	<b>CCP11.4</b> : Le transport des pièces est assuré par le fournisseur du pont roulant.
03/10/20	Groupe	<b>CCP12.1</b> : Le pont roulant est assemblé avec une grue fournie par le client.
03/10/20	Groupe	<b>CCP12.2</b> : Les pièces détachées à soulever par la grue ont une charge maximale de 30 [t].
03/10/20	Groupe	<b>CCP12.3</b> : Toutes les pièces détachées sont transportables par camion sur route.
03/10/20	Groupe	<b>CCP12.4</b> : Le lieu d'assemblage est le lieu de fonctionnement.
03/10/20	Groupe	<b>CCP12.5</b> : Une grue à tour doit pouvoir avoir accès aux pièces depuis l'extérieur du bâtiment.
03/10/20	Groupe	<b>CCP12.6</b> : Un accès par le toit doit être prévu pour installer le pont roulant.

		Niveaux et critères des CP
03/10/20	Groupe	<b>CCP13.1</b> : La grue doit respecter les règles sur la protection du travail (RGPT) du pays de production.
03/10/20	Groupe	<b>CCP13.2</b> : Un signal sonore et visuel (plusieurs gyrophares), placés tous les 10 [m] sur le pont roulant, fonctionnent lorsque que le pont se déplace (voir CCP16.5).
03/10/20	Groupe	<b>CCP13.3</b> : Un équipement de sécurité (casque-chaussures de sécurité-habits) est obligatoire pour toute personne travaillant dans un rayon d'action de 10 [m] du pont roulant.
03/10/20	Groupe	<b>CCP13.4</b> : Un système d'arrêt d'urgence est accessible pour toute personne à moins et à une distance maximale de 20 [m] (peu importe l'endroit où l'on se trouve).
09/10/20	Groupe	<b>CCP13.5</b> : Lors du déplacement (voir FP4), l'espace en-dessous du chariot doit être libre. Si une personne se trouve en-dessous du chariot, la responsabilité du client est engagée en cas d'accident.
09/10/20	Groupe	<b>CCP13.6</b> : Lors de la présentation (voir FP3), du personnel peut se trouver à moins de 3 [m] de la pièce en mouvement.
09/10/20	Groupe	<b>CCP13.7</b> : Lors du déplacement, des capteurs permettent d'arrêter le pont si celui-ci se rapproche à 3 [m] du sol ou d'un obstacle (humain ou matériel).
03/10/20	Groupe	<b>CCP14.1</b> : Des capteurs de poids sont installés en prévention d'une charge supérieure à 15 [t].
03/10/20	Groupe	<b>CCP14.2</b> : En lien avec CFP4.2, des capteurs permettent d'arrêter le mouvement dans le cas où la pièce manipulée se rapproche à moins de 3 [m] d'un mur latéral.
03/10/20	Groupe	<b>CCP14.3</b> : Hors manoeuvre pour la présentation de la pièce, le déplacement (dans le plan horizontal) du pont n'est possible que si la pièce est à une hauteur minimum de 8 [m].
09/10/20	Groupe	Un système autobloquant de sécurité est prévu pour les parties déplaçant ou soulevant les charges afin qu'une panne n'engendre pas d'accident.
03/10/20	Groupe	<b>CCP15.1</b> : Au moins 75% de la masse des matériaux qui constituent la structure du pont roulant sont recyclables.
03/10/20	Groupe	<b>CCP15.2</b> : Au moins 30% de la masse des matériaux qui constituent le chariot de la grue sont recyclables.
03/10/20	Groupe	<b>CCP16.1</b> : Le pont roulant doit être fonctionnel dans une plage de température allant de -15°C à 45°C.
03/10/20	Groupe	<b>CCP16.2</b> : L'entièrement du pont roulant doit être maintenu au sec en tout temps.
03/10/20	Groupe	<b>CCP16.3</b> : L'intensité sonore en fonctionnement est de maximum 70 [dB].
03/10/20	Groupe	<b>CCP16.4</b> : L'intensité sonore des alarmes et sirènes d'urgence est de 100 [dB].
03/10/20	Groupe	<b>CCP16.5</b> : L'intensité du signal sonore de fonctionnement est de 70 [dB].
03/10/20	Groupe	<b>CCP16.6</b> : Le pont est garanti 1 an.
03/10/20	Groupe	<b>CCP17.1</b> : Avant la mise en service, un organisme agréé doit approuver le fonctionnement des dispositifs de sécurité.
03/10/20	Groupe	<b>CCP17.2</b> : Un contrôle trimestriel doit être effectué sauf si le cahier de fonctionnement d'une pièce spécifique requiert une intervention plus régulière.
03/10/20	Groupe	<b>CCP17.3</b> : Une maintenance approfondie est effectuée tous les ans.
03/10/20	Groupe	<b>CCP17.4</b> : La maintenance du système et le contrôle total de l'infrastructure durent au maximum une journée de travail.
03/10/20	Groupe	<b>CCP17.5</b> : Un contrôle visuel de la structure doit être effectué au début de chaque journée de travail.