

## Note de clarification globale

### PR Espace

### Réalisation d'un moteur-fusée hybride

[space.projects@utc.fr](mailto:space.projects@utc.fr)

Chef de projet

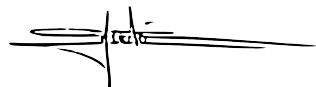
Vincent MARTIN  
[vincent.martin@etu.utc.fr](mailto:vincent.martin@etu.utc.fr)

Rédigé par Vérifié par	Responsabilité + signature manuelle
Vincent MARTIN	Chef de projet
Approuvé par	
Patrice SIMARD	Enseignant référent

Fait à Compiègne, le mercredi 11 mars 2020,

Signature maîtrise d'ouvrage

Signature chef de projet



L'Université de Technologie de Compiègne est une école d'ingénieurs réputée pour sa formation de qualité, tournée vers l'innovation et les nouvelles technologies. Il est certain que le domaine spatial, en essor depuis quelques années, représentera une part importante de l'industrie dans le futur. Ainsi, une équipe pluri-disciplinaire d'étudiants s'est réunie pour donner à l'UTC sa première expérience dans le domaine à travers la réalisation d'un moteur-fusée hybride (i.e. carburant solide, oxydant liquide).

## DONNÉES D'ENTRÉE

- Studying and Manufacturing a Hybrid Rocket Engine, Dossier d'étude théorique TX6144, Vincent Martin (TX00 P19) ;
- The Science and Design of a Hybrid Rocket Engine, Richard M. Newlands.

## OBJET DU PROJET

Étude complète (analyse, simulation, conception et modélisation) et réalisation d'un moteur-fusée hybride et du banc de mise à feu statique.

## PRODUIT DU PROJET

Prototypes de moteur-fusée hybride de 1 à 10 kN et banc d'essai adapté jusqu'à 10 kN.

## OBJECTIFS VISÉS

- Qualité
  - \* Héritage de connaissances : expérience UTC concernant l'ingénierie tous domaines ;
  - \* Sécurité : réaliser sur le moteur l'entièreté des tests nécessaires à la sécurité de l'équipe ;
  - \* Maîtrise de nouvelles technologies pour l'UTC ;
- Délai : début du projet P20 le **mercredi 04 mars 2020** — fin le **dimanche 05 juillet 2020** ;
- Coûts : 2,000-4,000€ TBD/TBC.

## ACTEURS

<b>Maîtrise d'ouvrage (MOA)</b>	Patrice SIMARD (enseignant référent) ;
<b>Maîtrise d'œuvre (MOE)</b>	équipe projet <b>pluri-disciplinaire</b> d'étudiants ;
<b>Client final</b>	Université de Technologie de Compiègne ;
<b>Partenaires</b> (idées)	Air Liquide, Airbus, ArianeGroup, Dassault Systèmes, Thales...

## CONTRAINTES

- Manque de connaissances préalables à l'UTC ;
- Contraintes budgétaires fortes ;
- Manque de locaux adaptés à des tests grande échelle pour les plus puissants prototypes.

## CONSÉQUENCES ATTENDUES

- Susciter l'intérêt des étudiants et futurs étudiants UTC envers le spatial ;
- Gain d'expérience et de crédibilité face aux entreprises quant au spatial à l'UTC ;
- Objectifs à long terme de création d'un centre spatial étudiant au sein de l'UTC.

## Répartition des effectifs

### PR Espace

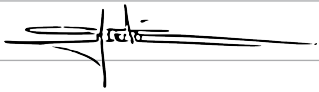
### Réalisation d'un moteur-fusée hybride

[space.projects@utc.fr](mailto:space.projects@utc.fr)

Chef de projet

Vincent MARTIN

[vincent.martin@etu.utc.fr](mailto:vincent.martin@etu.utc.fr)

Rédigé par Vérifié par	Responsabilité
Vincent MARTIN	Chef de projet 
Approuvé par	
Patrice SIMARD	Enseignant référent

La réalisation d'un moteur-fusée étant un projet de grande envergure, elle regroupe des travaux répartis dans différents domaines, et l'horizon est vaste : modélisation CAO, simulation CFD, systèmes embarqués, calculs thermodynamiques théoriques, résistance des matériaux... Pour cette raison, l'équipe projet, conjointement avec le maître d'ouvrage, a décidé de découper le projet en "lots" regroupant les opérations à effectuer dans chaque domaine.

## ÉQUIPE PROJET (7 OU 8)

- Vincent MARTIN                      **GI04**    **STRIE**                      **Chef de projet, Référent équipe GI**
- Dimitri ALTHUSER                    **IM04**    **CMI**                        **Référent équipe IM**
- Lucas BONNEFEMNE                **IM04**    **PIL**
- Adam TRIGUI                         **IM02**
- Janis LETISSIER                      **GP02**                        **Référent équipe GP**
- Zoé DELAVANNE                      **IM02**    (GX01 en GP)
- Louis GREINER                        **TC02**    (dernier semestre de TC avant passage en GI)
- (TBC<sup>1</sup>) Christina BASLARI **IM04**    **MIT**

## LOT INGÉNIERIE MÉCANIQUE (3 OU 4)

Conception et réalisation d'un moteur-fusée hybride et d'un banc d'essai

- Dimitri ALTHUSER                    **IM04**    **CMI**                        **Référent équipe**
- Lucas BONNEFEMNE                **IM04**    **PIL**
- Adam TRIGUI                         **IM02**
- (TBC) Christina BASLARI **IM04**    **MIT**

## LOT GÉNIE DES PROCÉDÉS (2)

Étude thermodynamique d'un moteur-fusée hybride

- Janis LETISSIER                      **GP02**                        **Référent équipe**
- Zoé DELAVANNE                      **IM02**    (GX01 en GP)

## LOT GÉNIE INFORMATIQUE (2)

Système embarqué, transmission et traitement des données générées par un moteur-fusée hybride

- Vincent MARTIN                      **GI04**    **STRIE**                      **Chef de projet, Référent équipe**
- Louis GREINER                        **TC02**    (dernier semestre de TC avant passage en GI)

Note : la participation de Christina BASLARI au projet n'est toujours pas confirmée, raison pour laquelle elle n'est pas présente sur la note de clarification du lot IM. Ces documents seront mis à jour dès que possible.

<sup>1</sup> to be confirmed.

## Note de clarification

### PR Espace — Lot GP

### Étude thermodynamique d'un moteur-fusée hybride

[space.projects@utc.fr](mailto:space.projects@utc.fr)

Chef de projet

Vincent MARTIN

[vincent.martin@etu.utc.fr](mailto:vincent.martin@etu.utc.fr)

Membres de l'équipe

Janis LETISSIER (**Référent**)

[janis.letissier@etu.utc.fr](mailto:janis.letissier@etu.utc.fr)

Zoé DELAVANNE

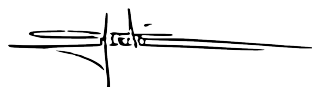
[zoe.delavanne@etu.utc.fr](mailto:zoe.delavanne@etu.utc.fr)

Rédigé par Vérifié par	Responsabilité + signature manuelle
Vincent MARTIN	Chef de projet
Janis LETISSIER	Référent équipe lot GP
<b>Approuvé par</b>	
Patrice SIMARD	Enseignant référent

Fait à Compiègne, le mercredi 11 mars 2020,

Signature maîtrise d'ouvrage

Signature chef de projet



### cf. PR Espace — Réalisation d'un moteur-fusée hybride — Note de clarification globale.

Ce lot consiste en une étude thermodynamique d'un moteur-fusée hybride, i.e. un moteur à carburant solide (plastique) et comburant liquide (protoxyde d'azote  $N_2O$ ). Les gaz résultant de la combustion sont éjectés à haute vitesse par la tuyère du fait des caractéristiques thermodynamiques liées à la combustion.

## DONNÉES D'ENTRÉE

- Studying and Manufacturing a Hybrid Rocket Engine, Dossier d'étude théorique TX6144, Vincent Martin (TX00 P19) ;
- The Science and Design of a Hybrid Rocket Engine, Richard M. Newlands.

## OBJET DU PROJET

Étude thermodynamique complète du comportement d'un moteur-fusée hybride et établissement de ses caractéristiques thermodynamiques principales.

## PRODUIT DU PROJET

Rapport d'étude théorique des caractéristiques thermodynamiques d'un moteur-fusée hybride, et analyse comparative des données théoriques avec les observations expérimentales.

## OBJECTIFS VISÉS

- Étude thermodynamique
  - \* Étudier les phénomènes thermodynamiques afin de déterminer les caractéristiques du moteur ;
  - \* Réaliser une simulation thermique du moteur sur un logiciel CFD ;
  - \* Analyse critique des données obtenues lors des tests du moteur sur le banc d'essai.

## SPÉCIFICATIONS

- Qualité : choisir des matériaux adaptés aux fortes températures et diverses contraintes physiques ;
- Sécurité : se munir du matériel de protection adapté lors des manipulations ;
- Délai : début du projet P20 le **mercredi 04 mars 2020** — fin le **dimanche 05 juillet 2020**.

## ACTEURS

**Maîtrise d'ouvrage (MOA)** Patrice SIMARD (enseignant référent) ;  
**Maîtrise d'œuvre (MOE)** équipe d'étudiants spécialisés en **Génie des Procédés** ;  
**Client final** Université de Technologie de Compiègne ;  
**Partenaires** (idées) Air Liquide, CNES, ONERA, Airbus, ArianeGroup, Thales...

## CONTRAINTES

- Contraintes budgétaires fortes ;
- Complexité thermodynamique du système étudié.

## Note de clarification

PR Espace — Lot G1

Système embarqué, transmission et traitement des données  
générées par un moteur-fusée hybride

[space.projects@utc.fr](mailto:space.projects@utc.fr)

Chef de projet

Vincent MARTIN

[vincent.martin@etu.utc.fr](mailto:vincent.martin@etu.utc.fr)

Membres de l'équipe

Vincent MARTIN (Référént)

[vincent.martin@etu.utc.fr](mailto:vincent.martin@etu.utc.fr)

Louis GREINER

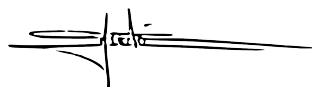
[louis.greiner@etu.utc.fr](mailto:louis.greiner@etu.utc.fr)

Rédigé par Vérifié par	Responsabilité + signature manuelle
Vincent MARTIN	Chef de projet, Référént équipe lot G1
Approuvé par	
Patrice SIMARD	Enseignant référent

Fait à Compiègne, le mercredi 11 mars 2020,

Signature maîtrise d'ouvrage

Signature chef de projet



## cf. PR Espace — Réalisation d'un moteur-fusée hybride — Note de clarification globale.

Il est impératif, lors d'un lancement de fusée, d'être en capacité de déterminer ses paramètres physiques à tout instant : vitesse et accélération, poussée développée, position et altitude, etc. Cela passe par le développement d'un système embarqué redondant, équipé de capteurs fiables permettant une mesure continue de ces grandeurs.

## DONNÉES D'ENTRÉE

- Studying and Manufacturing a Hybrid Rocket Engine, Dossier d'étude théorique TX6144, Vincent Martin (TX00 P19) ;
- The Science and Design of a Hybrid Rocket Engine, Richard M. Newlands.

## OBJET DU PROJET

Développement du système embarqué, du système de transmission des données télémétriques, et post-traitement analytique des données générées par les capteurs lors de la mise à feu d'un moteur-fusée hybride.

## PRODUIT DU PROJET

Système embarqué redondant, capteurs redondants, interface de transmission télémétrie et logiciel de visualisation statistique temps-réel des mesures.

Mécanisme d'annulation d'urgence de la mise à feu en cas de lecture de valeurs inquiétantes par les capteurs principaux et redondants.

## OBJECTIFS VISÉS

- Réalisation d'un système embarqué fiable permettant les mesures des grandeurs physiques souhaitées et la sécurité lors de la mise à feu si un problème survient ;
- Faciliter l'analyse statistique des résultats de test grâce à une interface utilisateur ergonomique et simple d'utilisation.

## SPÉCIFICATIONS

- Délai : début du projet P20 le **mercredi 04 mars 2020** — fin le **dimanche 05 juillet 2020**.

## ACTEURS

**Maîtrise d'ouvrage (MOA)** Patrice SIMARD (enseignant référent) ;

**Maîtrise d'œuvre (MOE)** équipe d'étudiants spécialisés en **Génie Informatique** ;

**Client final** Université de Technologie de Compiègne ;

**Partenaires** (idées) Air Liquide, CNES, ONERA, Airbus, ArianeGroup, Thales...

## CONTRAINTES

- Peu d'essais statiques des prototypes seront réalisés, le système doit donc être testé en aval pour être assuré sans bug lors des tests ;
- Contraintes de masse, contraintes temps-réel, contrainte de redondance ;
- Contraintes de performances : les mesures doivent être fiables, et performantes à toute altitude.



## Note de clarification

PR Espace — Lot IM

Conception et réalisation d'un moteur-fusée hybride et d'un banc  
d'essai

[space.projects@utc.fr](mailto:space.projects@utc.fr)

Chef de projet

Vincent MARTIN

[vincent.martin@etu.utc.fr](mailto:vincent.martin@etu.utc.fr)

Membres de l'équipe

Dimitri ALTHUSER (**Référent**) [dimitri.althuser@etu.utc.fr](mailto:dimitri.althuser@etu.utc.fr)

Lucas BONNEFEMNE

[lucas.bonnefemne@etu.utc.fr](mailto:lucas.bonnefemne@etu.utc.fr)

Adam TRIGUI

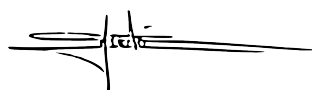
[adam.trigui@etu.utc.fr](mailto:adam.trigui@etu.utc.fr)

Rédigé par	Responsabilité
Vincent MARTIN	Chef de projet
Dimitri ALTHUSER	Référent équipe lot IM
Patrice SIMARD	Enseignant référent

Fait à Compiègne, le mercredi 11 mars 2020,

Signature maîtrise d'ouvrage

Signature chef de projet



## cf. PR Espace — Réalisation d'un moteur-fusée hybride — Note de clarification globale.

L'étude de tout lanceur et moteur-fusée passe par un intense travail de modélisation et simulation. À dominante mécanique, ce lot consiste à étudier, modéliser et simuler le comportement mécanique d'un moteur-fusée hybride, de son lanceur et d'un banc de test de mise à feu statique.

## DONNÉES D'ENTRÉE

- Studying and Manufacturing a Hybrid Rocket Engine, Dossier d'étude théorique TX6144, Vincent Martin (TX00 P19) ;
- The Science and Design of a Hybrid Rocket Engine, Richard M. Newlands.

## OBJET DU PROJET

Étude, conception, modélisation, simulation et fabrication d'un moteur-fusée hybride et de son banc de test de mise à feu statique pouvant résister jusqu'à 10 kN de poussée.

## PRODUIT DU PROJET

- **Rapport de calculs et de simulation du comportement mécanique du moteur-fusée.**
- **Maquette numérique de l'ensemble moteur + lanceur.**
- **Prototypes de moteurs allant de 1 kN à 10 kN.**

## OBJECTIFS VISÉS

- Vérification et optimisation des calculs de dimensionnement mécanique ;
- Modélisation de la géométrie du moteur et du lanceur à l'aide de Creo 4 ;
- Simulation et validation du comportement mécanique de l'ensemble à l'aide d'Abaqus ;
- Étude et choix des matériaux à utiliser en vue de la réalisation du moteur ;
- Fabrication du moteur et du banc d'essai.

## SPÉCIFICATIONS

- Sécurité : assurer la sécurité de l'équipe-projet à travers le choix de matériaux adaptés ;
- Délai : début du projet P20 le **mercredi 04 mars 2020** — fin le **dimanche 05 juillet 2020**.

## ACTEURS

<b>Maîtrise d'ouvrage (MOA)</b>	Patrice SIMARD (enseignant référent) ;
<b>Maîtrise d'œuvre (MOE)</b>	équipe d'étudiants spécialisés en <b>Ingénierie Mécanique</b> ;
<b>Client final</b>	Université de Technologie de Compiègne ;
<b>Partenaires</b> (idées)	Air Liquide, CNES, ONERA, Airbus, ArianeGroup, Thales...

## CONTRAINTES

- Contraintes budgétaires fortes ;
- Complexité mécanique du système étudié (aérodynamique, passage en supersonique...),
- Manque de locaux adaptés à des tests grande échelle pour les plus puissants prototypes.