

# MC-F

Création, test et essaie de différents propergols solide (KNSU, KNDX, KNSB). Test de modélisation de chambre moteur, et tuyère moteur.

- [Moteur fusée](#)
- [KNSU \(propergol au  \$\text{KNO}\_3\$ /Saccharose\)](#)

# Moteur fusée

## Informations

- Participant: Owen LIU, Nicolas Saintot
- [owen.liu@top-aero.com](mailto:owen.liu@top-aero.com)
- [nicolas.saintot@top-aero.com](mailto:nicolas.saintot@top-aero.com)
- TOP AERO
- 09/10/2023 - 31/06/2025 (date supposé de fin)

## Contexte

En vue d'une participation à l'EuRoc (European Rocketry Challenge) 2025, l'association Top Aéro aimerait avoir une fusée conçu et fabriqué de bout en bout par les adhérents. Cela passe aussi par la conception et fabrication d'un moteur fusée. Les participants au projet MCF travaillent alors sur cela à fin de fournir un moteur suffisamment puissant et fiable à cette fusée

## Objectifs

### **Année 2023-2024:**

- Conception et réalisation du moteur KNSU
- Conception et réalisation d'un banc de test
- Début des recherches sur d'autre technologie de propulseur

## Matériel Moteur :

- Filament acier 316L

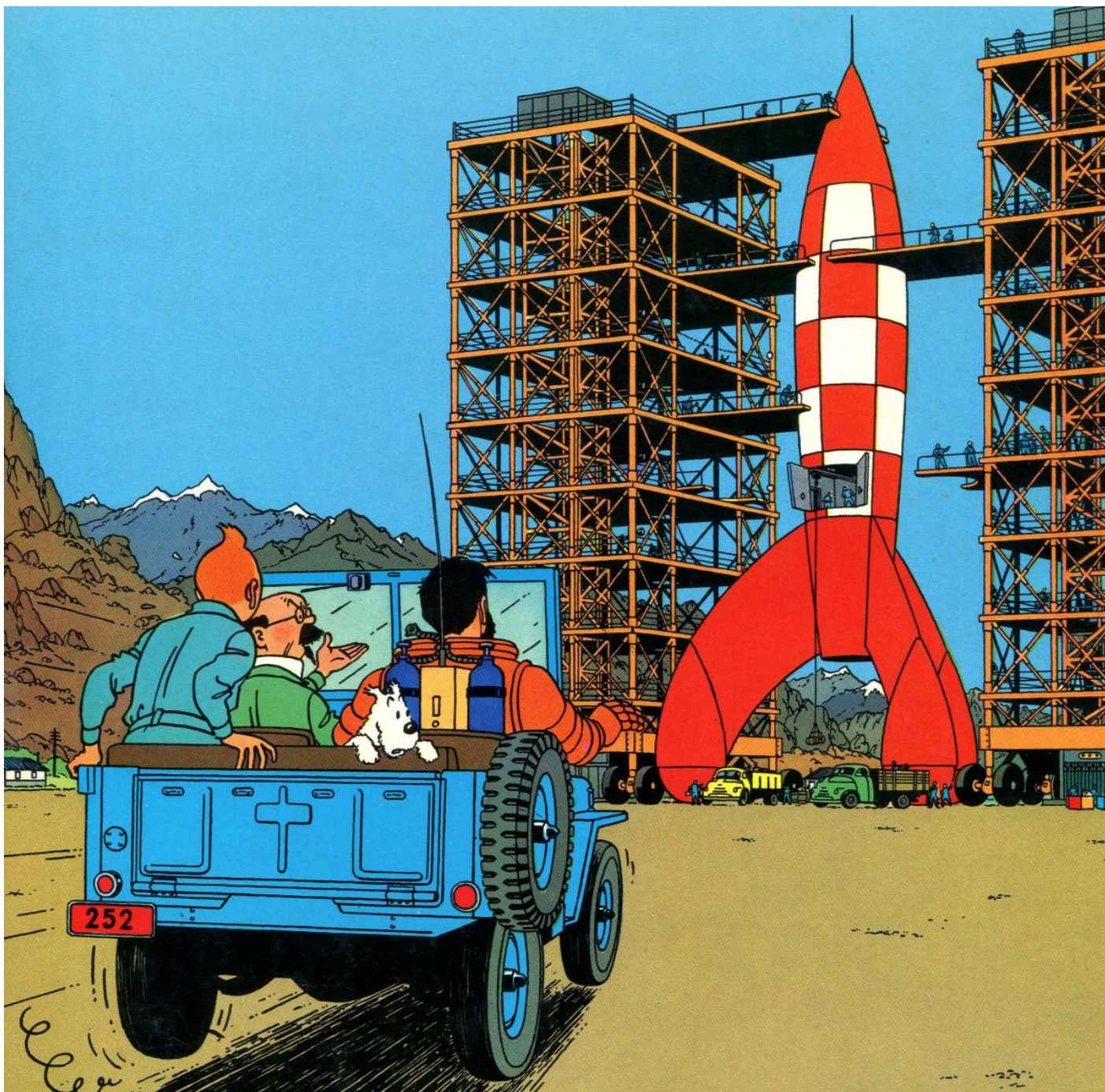
## Matériel Banc Test

- Structure en profilé aluminium modulaire

## Machines utilisées :

- Impression 3D FDM

## Mission Hergé Journal de bord:



## Année 2023-2024:

- Recherche préliminaire
- Réalisation d'un budget pour la fsdie
- Premier test de filament en fin d'année.

# KNSU (propergol au $\text{KNO}_3$ /Saccharose)

## Informations

- Stefan KOLEV, Rio NEUMANN et Owen LIU
- [stefan.kolev@top-aero.com](mailto:stefan.kolev@top-aero.com)
- [rio.neumann@top-aero.com](mailto:rio.neumann@top-aero.com)
- [owen.liu@top-aero.com](mailto:owen.liu@top-aero.com)
- TOP AERO
- 09/10/2023 - 31/06/2025 (date supposé de fin)

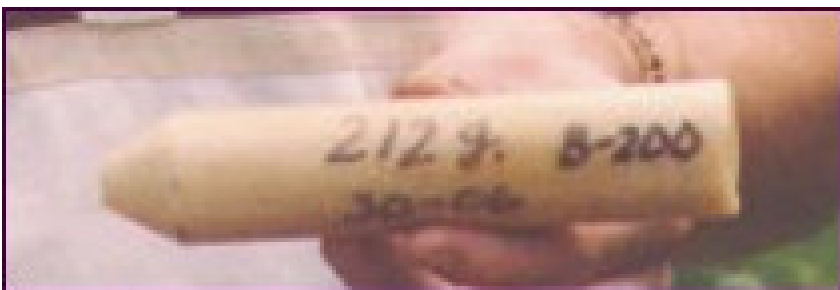
## Contexte

En vue d'une participation à l'EuRoc (European Rocketry Challenge) 2025, un moteur fusée doit être implémenté pour la participation.

## Objectifs

Cette année 2023-2024 sera consacré à la réalisation d'un carburant fiable de manière sécurisé, le KNSU appelé aussi "Rocket Candy". Si cela est concluant nous pourrons effectuer des tests de tirs statique moteurs.

Nous aurons besoin pour le moteur que nous voulons réaliser une masse de 220g de KNSU.



Rocket Candy KNSU ("Rocket candy pour fusée KNSU" - Richard Nakka - [lien](#))

## Processus de fabrication :

## CONSIGNES DE SÉCURITÉ :

- UTILISER UN MODE DE CHAUFFAGE DU MIXE DE POUDRE **THERMOSTATÉ**
- Mesurer la température du mélange à tout moment (thermomètre alarme recommandé)
- Aucune source de flammes ou étincelles dans la salle
- Porter des gants en cuir, une blouse en coton et lunette ou surlunette de protection
  - Il est préférable qu'une seule personne manipule, pour éviter les incohérences et incompréhensions. Néanmoins, il est **nécessaire** qu'une personne soit en retrait et en soutien en cas d'éventuel problème. Les équipements individuels de protection sont-ils disponibles en nombre suffisant ?
  - Oui, la discussions a déjà été fait avec Mr Steve sur les équipements de protection.
- Vider la salle de substances inflammables
- Avoir un seau d'eau (pour éteindre le propergol en cas de combustion)
- Avoir un extincteur à proximité (pour éteindre les combustions d'autres objets)
- Se débarrasser du propergol non-utilisé en le dissolvant dans de l'eau chaude (50°C), utiliser aussi de l'eau chaude pour faire la vaisselle.

## Réactifs :

- $\text{KNO}_3$  ([fiche de sécurité NK03.pdf](#))
- Saccharose (sucre glace)

## Matériel :

- Spatule en silicone
- Récipient en plastique
- Creuset
- Moule
- Sac déshydratants
- Sac plastique (adapté sous vide)

## Machines utilisées :

- Moulin électrique (à café)
- Mini tambour rotatif (DIY ou acheté)
- Friteuse ou plaque chauffante thermostatique électrique
- Thermomètre digital ou thermomètre pâtisserie
- Scellant sous vide

Le dosage utilisé sera de :

- 65%<sub>m</sub> de  $\text{KNO}_3$
- 35%<sub>m</sub> de Saccharose

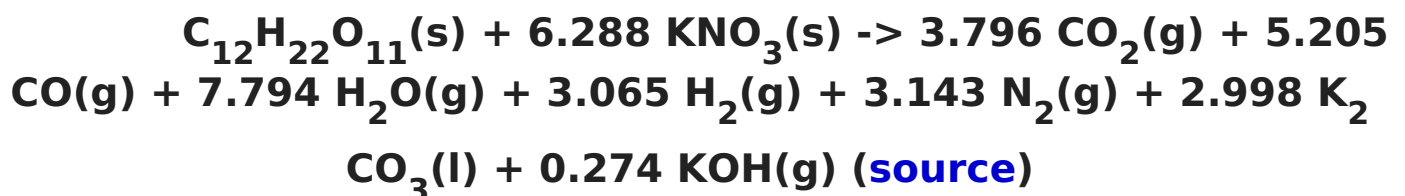
## Étape de fabrication sans moulage :



1. Broyer séparément le nitrate de potassium (et le saccharose si pas sucre en poudre) jusqu'à l'obtention d'une poudre fine.
2. Peser le rapport 65/35 - KNO<sub>3</sub>/saccharose - ici 8.125g de KNO<sub>3</sub> et 4.375g de saccharose perte estimée de 25% sur la masse initiale de poudre due au processus de coulage
3. Mélanger les deux poudres dans un tambour à 30 tours/minute pendant 6 minutes (1 heure pour 100 grammes).
4. **NOTE : LE MÉLANGE DE POUDRES EST MAINTENANT COMBUSTIBLE**
5. Régler une plaque chauffante thermostatée à 185-190°C ( $T_{\text{fus,saccharose}} = 185-187^{\circ}\text{C}$ )
6. Placer le creuset sur la poêle et attendre l'équilibre thermique (utiliser le thermomètre)
7. Ajouter la moitié du mélange au creuset (mesurer température tout au long avec thermomètre)
8. Remuer souvent pour faciliter la fonte (éviter la caramélisation, utiliser spatule en silicone)
9. Une fois le mélange fondu, ajouter l'autre moitié du mélange. Continuer à remuer.
10. Une fois que le mélange a atteint une couleur semblable à celle du beurre de cacahuète (il est complètement fondu), il peut être coulé.
11. Verser le propergol dans un creuset
12. Laisser refroidir pendant 5 minutes
13. Placer le propergol dans un sac sous vide ou un sac déshydratant, et le placer au congélateur jusqu'à utilisation.

## Calcul Théorique :

Équation chimique de la combustion du propergol :



Calcul de la variation de l'enthalpie système réactionnel  $\Delta H$ :

Nous avons :  $\Delta H = \text{Sum}(\eta_i \cdot H(\text{produits})) - \text{Sum}(\eta_j \cdot H(\text{réactifs}))$

Soit  $\Delta H = 55 \cdot \Delta H(\text{H}_2\text{O}) + 36 \cdot \Delta H(\text{CO}_2) + 24 \cdot \Delta H(\text{K}_2\text{CO}_3) + 24 \cdot \Delta H(\text{N}_2) - (48 \cdot \Delta H(\text{KNO}_3) + 5 \cdot \Delta H(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}))$

Calcul de la variation de l'enthalpie libre du système réactionnel  $\Delta G$ :

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

Capacité thermique molaire :

**K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>** : 114.437 J/mol\*K <https://janaf.nist.gov/tables/H-012.html>

**H<sub>2</sub>O** : 33.590 J/mol\*K <https://janaf.nist.gov/tables/H-012.html>

**CO<sub>2</sub>** : 37.129 J/mol\*K <https://janaf.nist.gov/tables/H-012.html>

**N<sub>2</sub>** : 29.124 J/mol\*K <https://janaf.nist.gov/tables/H-012.html>

**C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>** : 424.30 J/mol\*K <https://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?ID=C57501&Mask=2>

**KNO<sub>3</sub>** : 95.39 J/mol\*K

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0040603183802482>

Informations thermochimique :

À petite échelle (10g) :

À l'air libre :

$$\Delta G = - 3234.102 \text{ kJ/mol}$$

(lien du tableau excel pour les calculs : [TopAéroKNSU.xlsx](#) - Microsoft Excel Online (live.com))

$$P = P_{\text{atmos}} = 1 \text{ bar}$$

$$T_{\text{max}} = 452.3 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{masse d'eau évaporée (20}^{\circ}\text{C - 100}^{\circ}\text{C)} = 65.6 \text{ g}$$

Dans le moteur :

Pas de test dans un moteur à 10g

À moyenne échelle (110g):

----

À échelle réelle (220g):

-----

J'ai besoin ici des informations de thermochimie : enthalpie libre massique, évaluation des pressions et températures atteintes en cas de perte de contrôle (et sous quelles hypothèses : enceinte fermée ou pression atmosphérique), etc.

La "source" n'est qu'une page de blog : il faut fournir des informations réellement sourcées, venant de publications "de référence", par exemple les bases de données reconnues (NIST, JANAF, INERIS, INRS).

Seules ces valeurs et estimations permettront de justifier les paliers proposés (10g, puis 40g, puis 100g)

## Biblio :

<https://janaf.nist.gov/tables/H-012.html>

<https://www1.grc.nasa.gov/research-and-engineering/ceaweb/>

<https://cearun.grc.nasa.gov/cgi-bin/CEARUN/setProblemType.cgi>

[https://www.jacobsrocketry.com/aer/caramel\\_candy\\_propellant.htm](https://www.jacobsrocketry.com/aer/caramel_candy_propellant.htm)

<http://www.ajolleyplace.com/scott.html>

<http://www.jamesyawn.net/skillet/large/index.html>

<https://guides.lib.umich.edu/properties/thermo>

<https://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?ID=C57501&Units=SI&Mask=2#Thermo-Condensed>

<https://kinetics.nist.gov/kinetics/KineticsSearchForm.jsp>

[https://www.ibb.ch/spl\\_old/software/index.html](https://www.ibb.ch/spl_old/software/index.html)

<https://arxiv.org/pdf/2303.06294.pdf>

<https://www.ijetajournal.org/volume-2/issue-5/IJETA-V2I5P7.pdf>

[https://ww2.ac-poitiers.fr/sc\\_phys/IMG/pdf/La\\_vapeur\\_d\\_eau.pdf](https://ww2.ac-poitiers.fr/sc_phys/IMG/pdf/La_vapeur_d_eau.pdf)

Journal de bord



09/10/2023

Première réunion, discussions sur le moyen de fabrication, consignes de sécurité à mettre en place.

10/10/2023

Réunion numéro 2 : discussion sur la création du wiki.

17/10/2023

Modification des informations et enrichissement des informations du wiki.

14/11/2023

Ajout des capacité thermique molaire, capacité molaire des réactifs et des produits. Début des calculs pour la variation de l'enthalpie du système.

**Lectures complémentaires INDISPENSABLES :**

- <https://doi.org/10.1080/00102202.2021.2011862>
- —> [http://servidor.demec.ufpr.br/CFD/artigos\\_revistas/2021\\_Marchi\\_et-al\\_CST.pdf#page2](http://servidor.demec.ufpr.br/CFD/artigos_revistas/2021_Marchi_et-al_CST.pdf#page2)
- <https://pubs.acs.org/doi/epdf/10.1021/jf3002526>
- [https://jatm.com.br/jatm/article/view/431/pdf\\_72](https://jatm.com.br/jatm/article/view/431/pdf_72)