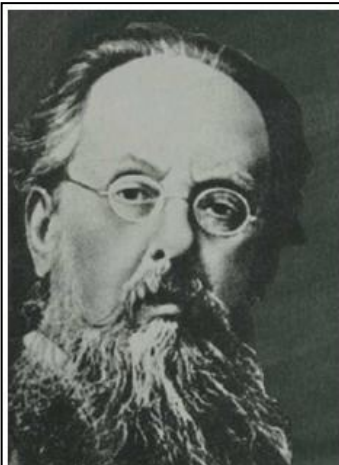


## Partie 1 : la barque de Tsiolkovski



Constantin Edouardovitch Tsiolkovski (en russe : КОНСТАНТИ́Н Эдуа́рдович Циолко́вский), (1857 ,1935) est un scientifique russe d'origine polonaise considéré comme le père et le théoricien de l'astronautique moderne et de la propulsion par réaction des fusées.



### Expérience de la barque de Tsiolkovski:

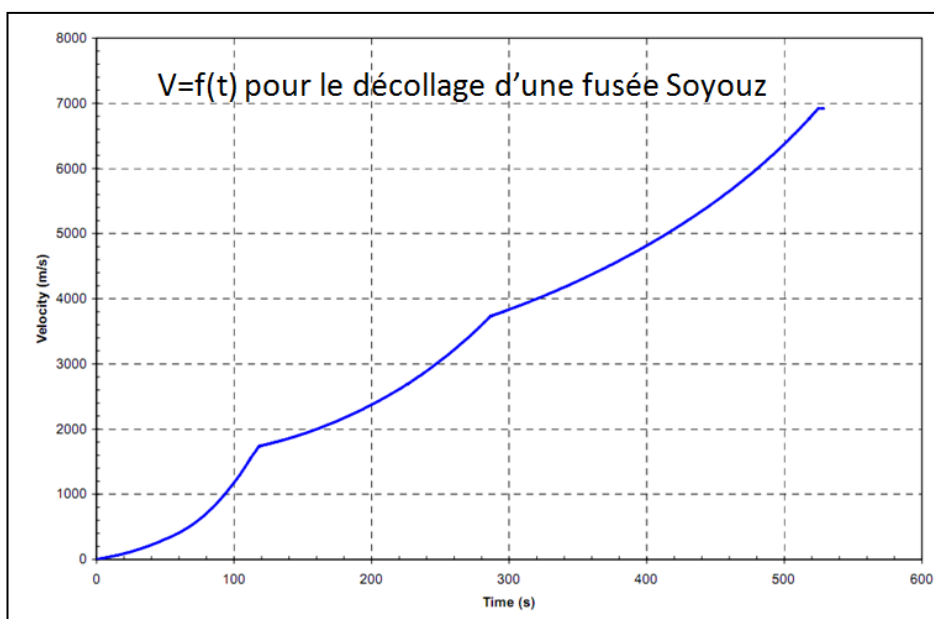
Sur une barque un personnage jette des pierres vers l'arrière, il en résulte un mouvement de la barque en sens inverse. Toutes les 2 secondes il jette une pierre vers l'arrière. Des calculs ont permis d'obtenir le tableau suivant



t()	$\Delta v_2$ (m/s)	$v_2$ (m/s)
0	0.00	0.00
2	0.29	0.29
4	0.31	0.59
6	0.33	0.93
8	0.36	1.29
10	0.40	1.69

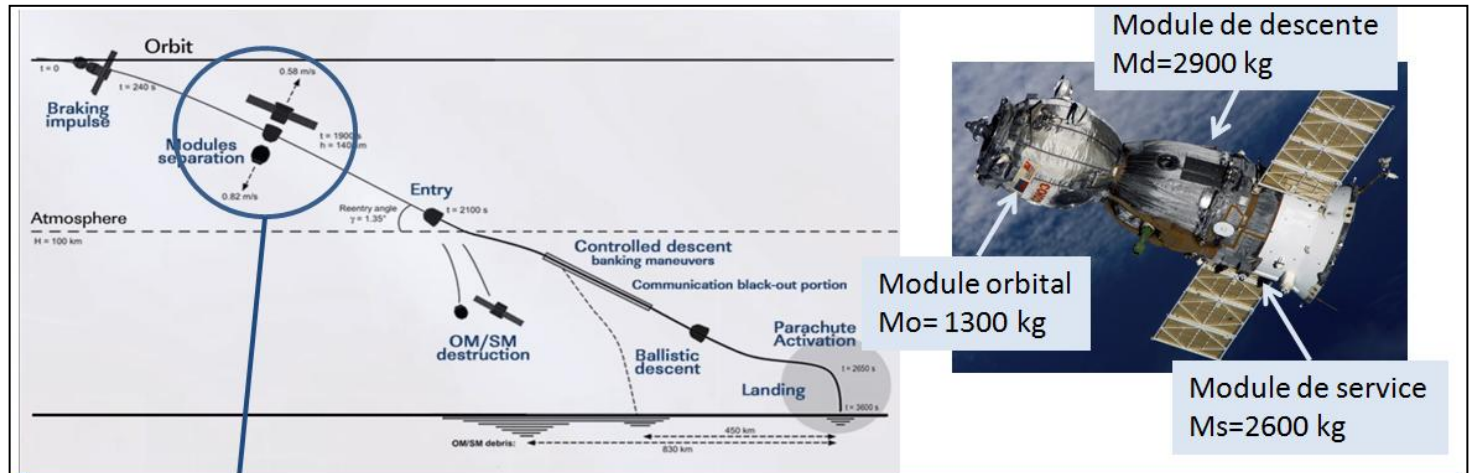
À  $t= 0$  la masse de la barque et du chargement est de 150 kg. La masse de chaque pierre est de 10 kg. Elles sont lancées vers l'arrière avec une vitesse de 4 m/s par rapport à la barque. On considère les frottements sur l'eau comme nuls  $\Delta v_2$  est la vitesse supplémentaire acquise à chaque jet de pierre.  $V_2$  est la vitesse de la barque à chaque instant dans le référentiel terrestre.

- On considère que la barque et son chargement est un système pseudo-isolé dans le référentiel terrestre. Montrer à l'aide de la seconde loi de NEWTON que la quantité de mouvement de ce système se conserve.
- Montrer par un raisonnement clair que  $\Delta v_2 = \frac{m_1 \times v_1}{m_2}$  ( $m_2$  : masse de la barque et du chargement après le lancement de la pierre ;  $m_1$  masse d'une pierre) et montrer qu'au 2<sup>ème</sup> lancé, à  $t=4$  s, la vitesse acquise  $v_2$  de la barque est bien celle indiquée dans le tableau.
- Que peut-on dire de l'accélération du mouvement ?
- Montrer avec la formule précédente (question 2) que le moteur d'une fusée ne sert qu'à éjecter le plus de masse possible le plus vite possible.
- Cette expérience a permis à Tsiolkovski d'inventer le système de propulsion des fusées à 3 étages de combustion. Le graphe suivant de la vitesse en fonction du temps du décollage d'une fusée Soyuz permet-il de vérifier la réponse à la question 3. Quelles est la durée de combustion de chaque étage de cette fusée Soyuz



## Partie 2 : Retour sur Terre du train spatial SOYOUZ en provenance de la station spatiale

Les vaisseaux Soyouz ont été conçus en 1962 en Russie par le bureau d'étude de Sergueï Pavlovitch Korolev. Plusieurs versions du vaisseau standard se sont succédé depuis le premier vol du vaisseau Soyouz sans remaniement fondamental jusqu'à ce jour. C'est le véhicule spatial permettant d'aller et de revenir de la station spatiale internationale ISS.



Environ trente minutes se sont écoulées depuis la fin de la poussée de désorbitation, les trois modules du Soyouz se séparent. Le vaisseau se trouve alors à **140km d'altitude**. Seul le module de descente possède un bouclier thermique et peut revenir intact sur Terre. Les deux autres modules vont se désintégrer et se consumer dans l'atmosphère terrestre. La séparation s'effectue à l'aide de boulons explosifs et celle-ci dure plusieurs secondes.

Première étape: les boulons explosifs expulsent le module de service du reste du train spatial, sa vitesse d'expulsion est de  $v_1=0.58 \text{ m/s}$



deuxième étape: les boulons explosifs expulsent le module de orbital du module de descente, sa vitesse d'expulsion est de  $v_3=0.82 \text{ m/s}$ .



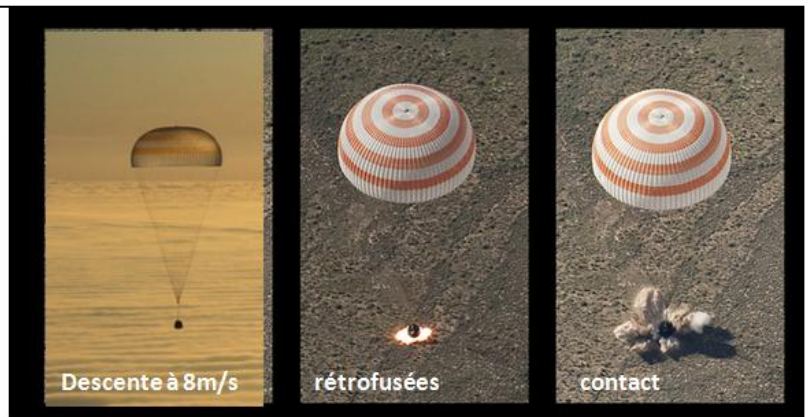
- 1- Séparation On considère que le train spatial est en mouvement rectiligne uniforme au moment où la séparation des modules se produit. On pourra donc appliquer la conservation de la quantité de mouvement dans ce référentiel en mouvement rectiligne uniforme et donc appliquer directement une formule analogue à celle indiquée dans la partie 1 question 2. Cette séparation se produit perpendiculairement à la trajectoire de l'ensemble.

1.1-Trouver la valeur de la vitesse  $v_2$ , puis la valeur de la vitesse  $v_4$ .

1.2-La trajectoire de descente du module de descente est-elle modifiée par ces séparations ?

- 2- Atterrissage

Le parachute principal permet de réduire la vitesse de descente à 8 m/s. Cette vitesse est encore trop élevée ; aussi l'altimètre déclenche, à 1,5 mètre du sol, des rétrofusées qui doivent réduire cette vitesse à 2 ou 3 m/s au moment du contact avec le sol. Le choc est également absorbé par des amortisseurs situés sous la tête des couchettes. L'atterrissage dans les steppes du Kazakhstan est malgré tout souvent rude : parfois la capsule rebondit plusieurs fois ou se met à rouler entraînée par la pente, ou tirée par son parachute (lorsque le vent souffle) avant de se stabiliser parfois tête bêche.



2.1- Le mouvement de descente à 8 m/s est rectiligne uniforme. En utilisant une des 3 lois de NEWTON, calculer la force exercée par l'air sur le parachute. ( donnée :  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ ).

2.2- Les rétrofusées s'allument pendant 1s pour que la vitesse passe de 8 à 3 m/s. Quelle est l'accélération subie par le module de descente (direction, sens et valeur). En supposant que la force  $F$  exercée par les rétrofusées sur le module de descente soit alors la seule force appliquée, trouver ses caractéristiques (direction, sens et valeur).