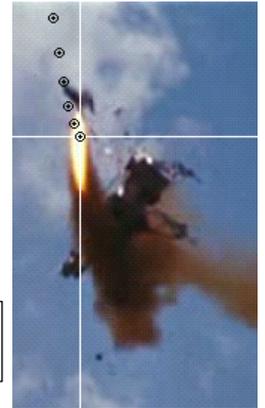


## EJECTION DU MODULE D'ENTRAINEMENT DU LEM (LE LLTV)

**Doc 1 :** En Juillet 1969, les premiers hommes alunissaient à bord d'un LEM. Un exemplaire spécifique appelé LLTV (Lunar Landing Training Vehicle) fut construit afin que son pilote (Niel Armstrong) puisse s'entraîner sur terre. Lors d'un test, en 1968, Armstrong, devant quitter le LLTV dont il avait perdu le contrôle, dut s'éjecter juste avant que son appareil ne s'écrase et prenne feu. Un observateur était là, au sol, avec une caméra fixe pour filmer cet incident. Vous allez exploiter quelques données de cette séquence filmée.



Le but de cet exercice est de trouver certaines des caractéristiques du LLTV

### Données :

Figure 1. Niel Armstrong dans son siège éjectable

- La masse du système {siège + Armstrong} est :  $m = 200 \text{ kg}$
- intensité de la pesanteur :  $g = 9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$
- Le g (« g » étant l'initiale de « gravité ») est une unité d'accélération correspondant à l'accélération de la pesanteur à la surface de la Terre. Elle est principalement utilisée en aéronautique, dans l'industrie automobile et celle des parcs d'attraction.
- caractéristiques de moteurs-fusée :

	Siège éjectable	Ariane 5
Masse au décollage (en tonne) 1 tonne = $10^3 \text{ kg}$	0,200	750 à 780
Poussée * (en kN)	?	12000 à 13000

**Doc 2 :** Voici une séquence complète caractéristique d'un siège éjectable classique : [http://www.ailesahs.com/wp/?page\\_id=4787](http://www.ailesahs.com/wp/?page_id=4787)

0,00 seconde : L'éjection commence lorsque le pilote tire sur l'un des anneaux du siège, placé entre ses jambes ou au-dessus de sa tête.

0,25 s : Le siège est projeté hors de l'habitacle et le moteur-fusée est allumé.

0.50 s : Après une accélération maximale (généralement) de l'ordre de 12 g à 16 g le pilote se trouve éloigné de son avion et le moteur-fusée s'éteint. Fin de la phase propulsée.

**Doc 3 :** L'étude du film donne les résultats suivants. La trajectoire (Figure 2 à échelle réduite, Figure 5 à échelle agrandie), représente les positions du point A (sommet de la tête de Armstrong) au cours du temps. L'origine des temps est arbitrairement fixée en  $A_1$

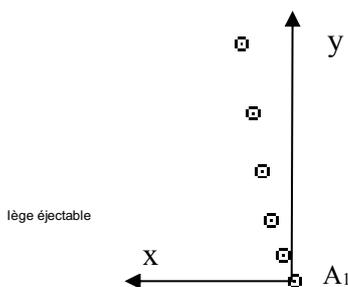


image 1  $A_1$   
 image 2  $A_2$   
 image 3  $A_3$   
 image 4  $A_4$   
 image 5  $A_5$   
 image 6  $A_6$

t	x	y	V
s	m	m	m/s
0,000	0,00	0,00	
0,040	0,19	0,44	$V_2$
0,080	0,34	1,02	18,01
0,120	0,54	1,85	22,70
0,160	0,68	$y_5$	27,21
0,200	0,88	4,00	

Figure 2. Trajectoire (à échelle réduite) correspondant au film lors de l'éjection du siège

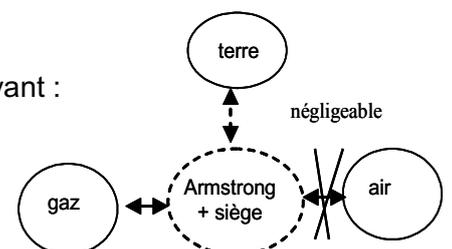
Figure 3. Détermination expérimentale de la position et de la vitesse du siège éjecté

Le pointage Aviméca du film et son traitement sur un tableur-grapheur donnent le tableau (Figure 3). La position  $A_1$  de la figure 2 précise l'endroit qui sert à repérer son mouvement vertical et horizontal. Son abscisse sur l'axe des x est notée  $x_1$ , son ordonnée sur l'axe des y est notée  $y_1$ .

### Doc 4 :

Le diagramme d'interaction pour le système {Armstrong + siège} est le suivant : On considérera donc que l'action de l'air est négligeable.

- \* Une des actions qui s'exerce sur la siège éjectable est : la poussée  $\vec{F}$ , exprimée en kiloNewton (kN).



C'est l'action de réaction des gaz éjectés au cours de la combustion du carburant.

Lors de l'éjection, cette action est modélisable par une force  $\vec{F}$  verticale et orientée vers le haut.

## Estimation de la poussée

1. Hypothèse : On considère dans la suite que la masse  $m$  du système {siège éjectable + Armstrong} est constante pendant la durée de l'étude.

Après avoir écrit la relation correspondant à la 2<sup>ème</sup> loi de Newton (dont on donnera la signification de chacun des termes), expliquer pourquoi, (pour simplifier l'étude de l'accélération) on prend en compte cette hypothèse (qui est justifiée scientifiquement) afin de déterminer la résultante des forces exercées sur le siège éjectable?

2. Estimer, à l'aide des figures 3 et 5, la valeur de  $y_5$ . Détailler la démarche.

3. On donne en figure 4 le graphe représentant l'évolution de la vitesse du système au cours du temps.

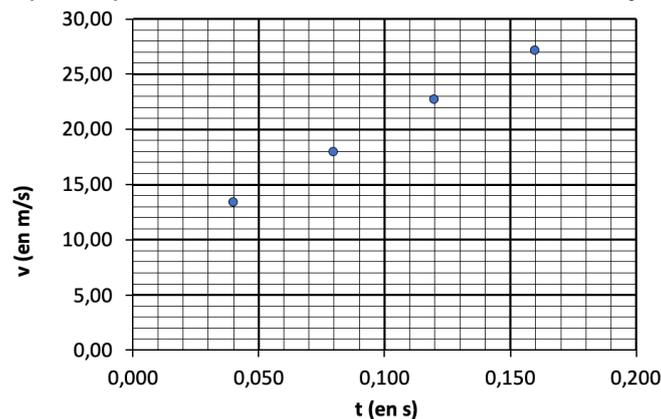


Figure 4. Évolution de la valeur de la vitesse du système {Armstrong + siège éjecté} au cours du temps

3.1. Estimer, à l'aide des figures 3 et 5, la valeur de  $v_2 = v(A_2)$

Détailler la démarche et vérifier que ce résultat est cohérent avec le graphe de la figure 4.

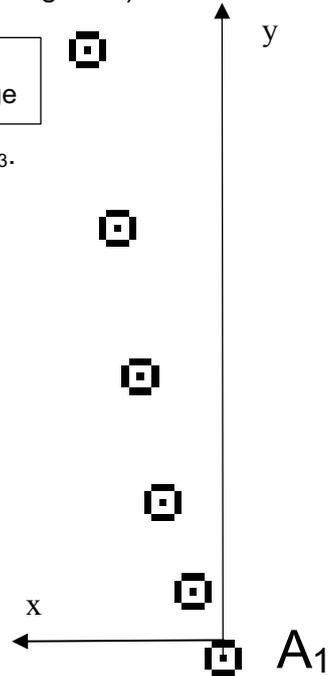
3.2. On montre que, pendant les 300 premières millisecondes, la valeur de l'accélération du système pendant la durée de l'étude :  
- peut être considérée comme constante  
- est proche de  $110 \text{ m.s}^{-2}$ .

Montrer que ces 2 résultats sont cohérents avec le graphe de la figure 4.

3.3. Préciser, en justifiant à partir de la trajectoire, la direction et le sens du vecteur accélération  $\frac{\Delta \vec{V}}{\Delta t}$  du système {siège éjectable + Armstrong}.

On donne en figure 5, la trajectoire (échelle de distance trouvable à partir de la Figure 3) d'un point du siège, pour les 7 images consécutives

Figure 5. Trajectoire (à échelle agrandie) correspondant au film lors de l'éjection du siège



On pourra, si on le juge nécessaire, tracer la variation du vecteur vitesse en  $A_3$ .

4.1. Choisir parmi les propositions de la figure 6, le schéma compatible avec l'éjection du siège éjectable.

- Schéma 1     Schéma 2     Schéma 3

4.2. Justifier.

Figure 6 : Propositions de représentation des forces s'appliquant sur le siège éjecté qui vient de quitter l'habitacle



Schéma 1

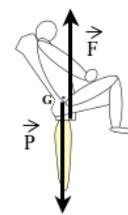


Schéma 2

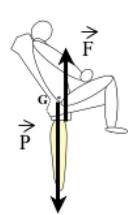


Schéma 3

$\vec{P}$  : poids  
 $\vec{F}$  : poussée

5. À partir des résultats trouvés en question 3.2, estimer la valeur de la force de poussée en montrant que celle-ci est de l'ordre de 20 kN.

6. L'accélération du {siège éjectable + Armstrong} par rapport à celle de la fusées Ariane 5 est approximativement :  4 plus forte     7 plus forte     15 fois plus forte

Nom : \_\_\_\_\_ Prénom : \_\_\_\_\_ 1<sup>ère</sup> Spé ... \_\_\_\_\_ Date : ... \_\_\_\_\_

--	--

# Feuille de brouillon