

I) Le saut stratosphérique de Baumgartner, réalisé le 14 Octobre 2012 : (/ 30)



Doc 1 : Article de presse / Le saut a permis d'établir 2 nouveaux records : la plus haute altitude de saut (39,0 km) et le dépassement de la vitesse supersonique avec une vitesse de Mach 1,24. Présent avec Baumgartner pendant la mission, un appareil de mesure a fourni

des données sur ce record historique de saut en chute « libre » : il a mesuré, à intervalle de temps toujours identique, la pression de l'air, à partir du moment où il s'est jeté sans vitesse initiale de la nacelle. Par calcul, l'appareil en a déduit l'altitude ainsi que la vitesse instantanée. Quand Baumgartner est arrivé à une hauteur normale de saut (4000 m), il a du faire face à des conditions rendues difficiles par l'encombrement de sa combinaison et sa masse totale de 120 kg. 4 min et 20 s après le début du saut, il ouvrait son parachute, à environ 2500 m et amorçait sa descente avec à une vitesse verticale de 4,0 m/s.

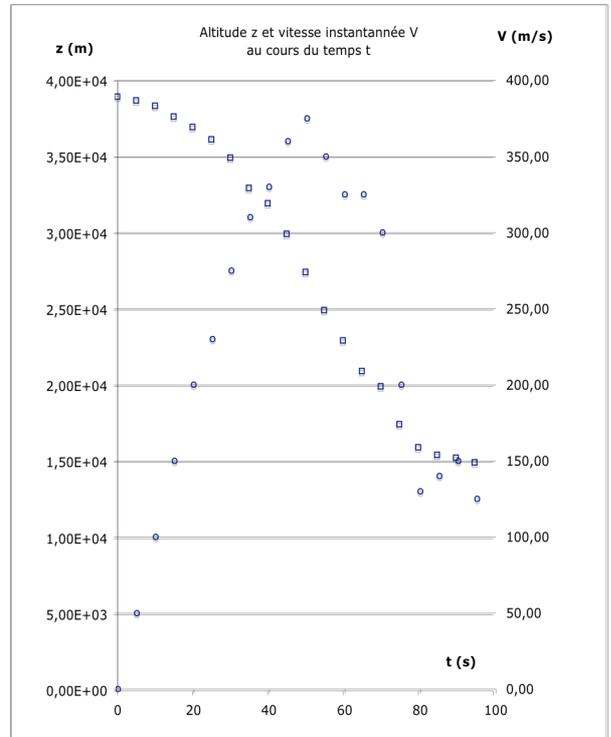
Doc 2 : Courbes représentant l'altitude z et la vitesse instantanée au cours des 100 premières secondes du saut.

Notation : $1,00 E+04 = 1,00 \cdot 10^4$

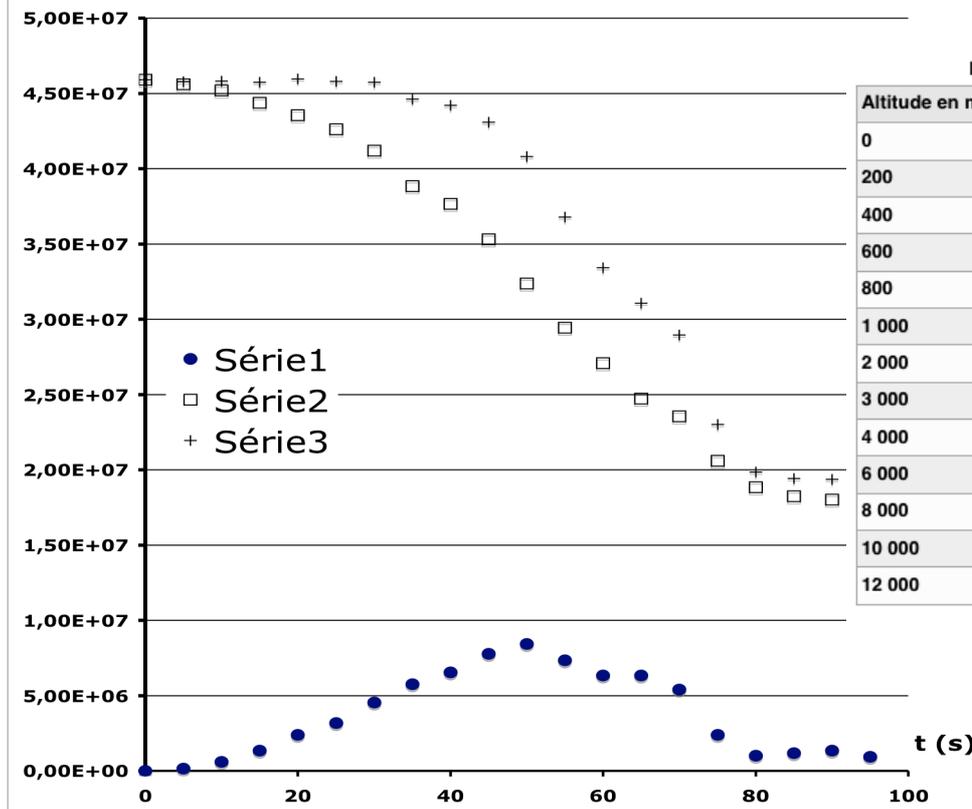
Doc 3 : Le nombre de Mach est un nombre sans dimension, noté Ma , qui exprime le rapport de la vitesse instantanée V à la vitesse de propagation (ou célérité) du son $c_{(son)}$ dans ce même fluide :

$$Ma = V / c_{(son)}$$

La vitesse du son dans un gaz variant avec sa nature et sa température, le nombre de Mach ne correspond pas à une vitesse fixe, il dépend des conditions locales. Il est nommé ainsi en l'honneur du physicien et philosophe autrichien Ernst Mach.



E (J) Différentes valeurs d'énergies E en fonction du temps t



Doc 4 : les différentes énergies : E_c , E_{pp} et E_m au cours du temps t

Influence de l'altitude sur l'air⁵

Altitude en m	θ en °C	P_{en} kPa	c en $m \cdot s^{-1}$	ρ en $kg \cdot m^{-3}$
0	15,00	101,33	340,3	1,225
200	13,70	98,95	339,5	1,202
400	12,40	96,61	338,8	1,179
600	11,10	94,32	338,0	1,156
800	9,80	92,08	337,2	1,134
1 000	8,50	89,88	336,4	1,112
2 000	2,00	79,50	332,5	1,007
3 000	-4,49	70,12	328,6	0,909
4 000	-10,98	61,66	324,6	0,819
6 000	-24,0	47,22	316,5	0,660
8 000	-36,9	35,65	308,1	0,526
10 000	-49,9	26,50	299,5	0,414
12 000	-62,9	19,40	295,1	0,312

Doc 5 : Influence de l'altitude sur la valeur de la température, de la pression, de la célérité du son et de la masse volumique de l'air

Les déterminations de valeurs à partir des courbes seront réalisées le plus précisément possible. On laissera les tracés nécessaires pour montrer les déterminations graphiques.

A) Record de vitesse :

- 1) Quelle est la vitesse maximale V_{\max} (exprimée en km/h) atteinte par Felix Baumgartner atteinte au cours du saut ?
Au bout de combien de temps (à quelle date) $t_{(\text{record})}$ après le début du saut cette vitesse maximale a été atteinte ?
(/5)

La vitesse du son dans l'air dépend seulement de la température.

- 2) a) La valeur approximative de la température $T_{(\text{record})}$ à laquelle est soumis Felix Baumgartner lorsqu'il atteint sa vitesse instantanée maximale est de $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Quelle est alors que la valeur de la vitesse du son dans l'air ?
(/2)

- 2) b) Retrouve-t-on la valeur citée dans l'article de presse pour la vitesse maximale atteinte par Felix Baumgartner, exprimée en nombre de Mach ?
(/1)

B) Energies en mécanique pour ce saut :

A l'aide d'un tableur, on peut réaliser une étude énergétique de ce saut.

On obtient avec un grapheur (type Excel) les différentes énergies au cours du temps (voir Doc 4).

- 1) Affecter les différentes courbes (série 1, 2 et 3) aux énergies correspondantes E_c , E_{pp} et E_m . Justifiez
(/ 6)

- 2) Retrouvez par le calcul, à partir des données du doc 2, les valeurs de l'énergie cinétique et potentielle de pesanteur visualisées sur la courbe du doc 4, lorsque Baumgartner atteint sa vitesse maximale. On précisera la référence des énergies potentielles de pesanteur pour le tracé de la courbe correspondante. On prendra $g = 9,8\text{ N/kg}$.
(/ 6)

- 3) D'après les courbes, pendant combien de temps $t_{(\text{chute libre})}$ et jusqu'à quelle altitude, peut-on considérer que le parachutiste est soumis seulement à l'action de la terre. Argumentez
(/ 3)

- 4) Déterminez la variation d'énergie mécanique ΔE_m entre le début de la chute et $t = 1\text{ mn }10\text{ s}$ dans l'unité du système international avec le multiple le plus proche. Donnez une explication à cette variation d'énergie.
(/ 7)

Correction

A) Record de vitesse :

1) Quelle est la vitesse maximale V_{\max} (exprimée en km/h) atteinte par Felix Baumgartner au cours du saut ?

Au bout de combien de temps (à quelle date) $t_{(\text{record})}$ après le début du saut cette vitesse maximale a été atteinte ? (/5)

La vitesse maximale atteinte (voir tracé doc 2 (0,5)) est $V_{\max} = 375 \text{ m/s}$ (1) soit $V_{\max} = 375 * 3,6$ (1) = 1350 km/h (1)

Cette vitesse maximale a été atteinte au temps $t_{(\text{record})} = 48 \text{ s}$ (1) après le début du saut (0,5).

La vitesse du son dans l'air dépend seulement de la température.

2) a) La valeur approximative de la température $T_{(\text{record})}$ à laquelle est soumis Felix Baumgartner lorsqu'il atteint sa vitesse instantanée maximale est de $-50 \text{ }^\circ\text{C}$. Quelle est alors que la valeur de la vitesse du son dans l'air ? (/2)

La valeur de la vitesse du son dans l'air, à $T_{(\text{record})} = -50 \text{ }^\circ\text{C}$ est : c (son ds air) = 299,5 m/s (1,5) approximativement, voir valeur visible dans avant dernière ligne du tableau du doc 5. (0,5)

2) b) Retrouve-t-on la valeur citée dans l'article de presse pour la vitesse maximale atteinte par Felix Baumgartner, exprimée en nombre de Mach ? (/1) $Ma = V / c_{(\text{son})} = 375 / 299,5$ (0,5) = 1,25 (0,5)

on retrouve une valeur voisine de Mach 1,24 citée dans le texte. (0,5 si calcul même avec valeurs fausses)

B) Energies en mécanique pour ce saut : A l'aide d'un tableur, on peut réaliser une étude énergétique de ce saut. On obtient avec un grapheur (type Excel) les différentes énergies au cours du temps (voir Doc 4).

1) Affecter les différentes courbes (série 1, 2 et 3) aux énergies correspondantes E_c , E_{pp} et E_m . Justifiez (/6)

série 1 : (affectation 1) c'est la seule grandeur qui augmente au cours du temps après le début du saut, c'est donc l'énergie cinétique qui augmente avec la valeur de la vitesse instantanée : $E_c = \frac{1}{2} * m * V^2$ (argumentation 1)

série 2 : (affectation 1) cette courbe montre des valeurs inférieures à celle de la série 3, ce ne peut être que l'énergie potentielle de pesanteur qui diminue puisque l'altitude diminue au cours du saut : $E_{pp} = mgz$ (argumentation 1)

série 3 : (affectation 1) cette courbe correspond à la somme des 2 précédentes, ce ne peut être que l'énergie mécanique : $E_m = E_c + E_{pp}$ (argumentation 1)

2) Retrouvez par le calcul, à partir des données du doc 2, les valeurs de l'énergie cinétique et potentielle de pesanteur visualisées sur la courbe du doc 4, lorsque Baumgartner atteint sa vitesse maximale. On précisera la référence des énergies potentielles de pesanteur pour le tracé de la courbe correspondante. On prendra $g = 9,8 \text{ N/kg}$. (/6)

Pour $t_{(\text{record})} = 48 \text{ s}$, on a trouvé que $V_{\max} = 375 \text{ m/s}$

D'où $E_{c(\text{record})}$ (0,5) = $\frac{1}{2} * m * V_{(\text{record})}^2$ (0,5) = $0,5 * 120 * (375)^2$ (0,5 * 2 valeurs) = $8,44 * 10^6 \text{ J}$ (0,5)

$E_{pp(\text{record})} = mgz_{(\text{record})}$ (0,5) avec $z_{(\text{record})} = 2,75 * 10^4 \text{ m}$ alors $E_{pp(\text{record})} = 120 * 9,8 * 2,75 * 10^4$ (0,5*3) = $3,23 * 10^7 \text{ J}$ (0,5)

La référence des énergies potentielles de pesanteur $E_{pp} = 0 \text{ J}$ est prise pour une altitude $z = 0 \text{ m}$ au sol (1).

3) D'après les courbes, pendant combien de temps $t_{(\text{chute libre})}$ et jusqu'à quelle altitude, peut-on considérer que le parachutiste est soumis seulement à l'action de la terre. Argumentez (/3)

Tant que l'énergie mécanique est conservée (1), le parachutiste n'est soumis qu'à l'action de la terre (1) (qui exerce le poids sur lui). Graphiquement, sur le doc 1, on trouve $t_{(\text{chute libre})} = 30 \text{ s}$ (1).

4) Déterminez la variation d'énergie mécanique ΔE_m entre le début de la chute et $t = 1 \text{ mn } 10 \text{ s}$ dans l'unité du système international avec le multiple le plus proche. Donnez une explication à cette variation d'énergie. (/7)

ΔE_m (0,5) = $E_m(t = 0 \text{ s}) - E_m(t = 70 \text{ s})$ (1) = $4,51 * 10^7$ (1) - $2,90 * 10^7$ (1) = $1,6 * 10^7$ (1) = 16 MJ (1)

Cette variation d'énergie est transférée à l'air qui agit sur le parachutiste à partir de 30 s

--	--

I) Le saut stratosphérique de Baumgartner, réalisé le 14 Octobre 2012 : (/ 30)



Doc 1 : Article de presse / Le saut a permis d'établir 2 nouveaux records : la plus haute altitude de saut (39,0 km) et le dépassement de la vitesse supersonique avec une vitesse de Mach 1,24. Présent avec Baumgartner pendant la mission, un appareil de mesure a fourni

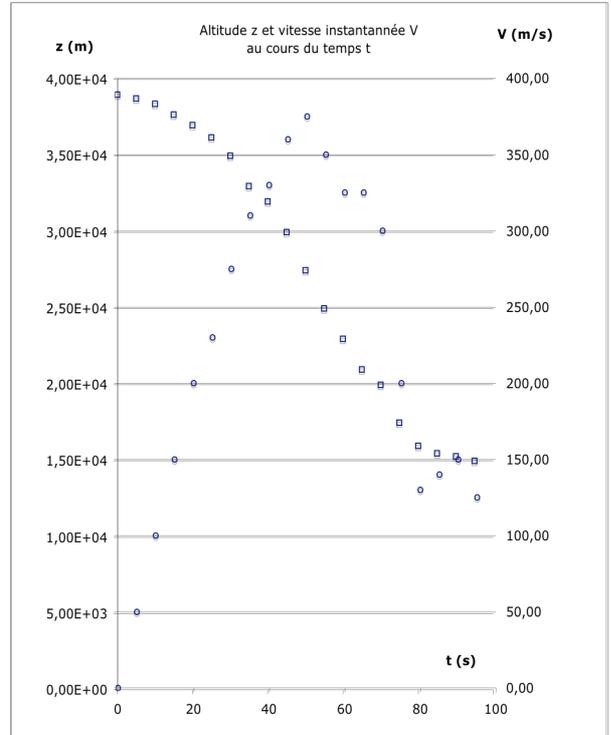
des données sur ce record historique de saut en chute « libre » : il a mesuré, à intervalle de temps toujours identique, la pression de l'air, à partir du moment où il s'est jeté sans vitesse initiale de la nacelle. Par calcul, l'appareil en a déduit l'altitude ainsi que la vitesse instantanée. Quand Baumgartner est arrivé à une hauteur normale de saut (4000 m), il a du faire face à des conditions rendues difficiles par l'encombrement de sa combinaison et sa masse totale de 120 kg. 4 min et 20 s après le début du saut, il ouvrait son parachute, à environ 2500 m et amorçait sa descente avec à une vitesse verticale de 4,0 m/s.

Doc 2 : Courbes représentant l'altitude z et la vitesse instantanée au cours des 100 premières secondes du saut. Notation : $1,00 E+04 = 1,00 \cdot 10^4$

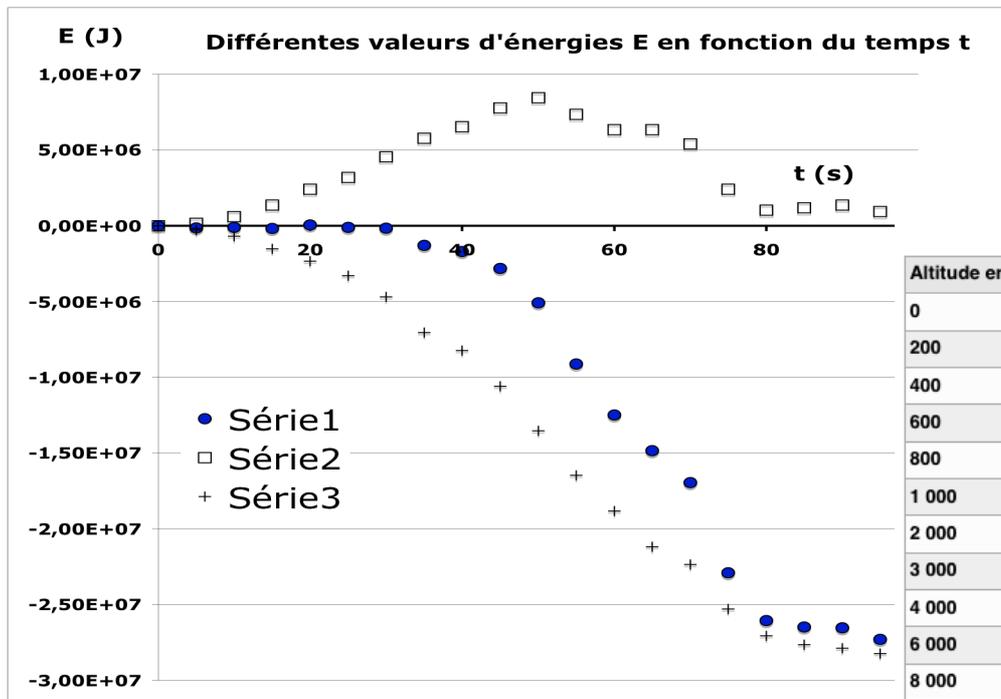
Doc 3 : Le nombre de Mach est un nombre sans dimension, noté Ma , qui exprime le rapport de la vitesse instantanée V à la vitesse de propagation (ou célérité) du son $c_{(son)}$ dans ce même fluide :

$$Ma = V / c_{(son)}$$

La vitesse du son dans un gaz variant avec sa nature et sa température, le nombre de Mach ne correspond pas à une vitesse fixe, il dépend des conditions locales. Il est nommé ainsi en l'honneur du physicien et philosophe autrichien Ernst Mach.



Doc 4 : les différentes énergies : E_c , E_{pp} et E_m au cours du temps t



Doc 5 :

Influence de l'altitude sur la valeur de la température, de la pression, de la célérité du son et de la masse volumique de l'air

Influence de l'altitude sur l'air⁵

Altitude en m	θ en °C	P en kPa	c en $m \cdot s^{-1}$	ρ en $kg \cdot m^{-3}$
0	15,00	101,33	340,3	1,225
200	13,70	98,95	339,5	1,202
400	12,40	96,61	338,8	1,179
600	11,10	94,32	338,0	1,156
800	9,80	92,08	337,2	1,134
1 000	8,50	89,88	336,4	1,112
2 000	2,00	79,50	332,5	1,007
3 000	-4,49	70,12	328,6	0,909
4 000	-10,98	61,66	324,6	0,819
6 000	-24,0	47,22	316,5	0,660
8 000	-36,9	35,65	308,1	0,526
10 000	-49,9	26,50	299,5	0,414
12 000	-62,9	19,40	295,1	0,312

Les déterminations de valeurs à partir des courbes seront réalisées le plus précisément possible. On laissera les tracés nécessaires pour montrer les déterminations graphiques.

A) Record de vitesse :

- 1) Quelle est la vitesse maximale V_{\max} (exprimée en km/h) atteinte par Felix Baumgartner atteinte au cours du saut ?
Au bout de combien de temps (à quelle date) $t_{(\text{record})}$ après le début du saut cette vitesse maximale a été atteinte ?
(/5)

La vitesse du son dans l'air dépend seulement de la température.

- 2) a) La valeur approximative de la température $T_{(\text{record})}$ à laquelle est soumis Felix Baumgartner lorsqu'il atteint sa vitesse instantanée maximale est de $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Quelle est alors que la valeur de la vitesse du son dans l'air ?
(/2)

- 2) b) Retrouve-t-on la valeur citée dans l'article de presse pour la vitesse maximale atteinte par Felix Baumgartner, exprimée en nombre de Mach ?
(/1)

B) Energies en mécanique pour ce saut :

A l'aide d'un tableur, on peut réaliser une étude énergétique de ce saut.

On obtient avec un grapheur (type Excel) les différentes énergies au cours du temps (voir Doc 4).

- 1) Affecter les différentes courbes (série 1, 2 et 3) aux énergies correspondantes E_c , E_{pp} et E_m . Justifiez
(/ 6)

- 2) Retrouvez par le calcul, à partir des données du doc 2, les valeurs de l'énergie cinétique et potentielle de pesanteur visualisées sur la courbe du doc 4, lorsque Baumgartner atteint sa vitesse maximale. On précisera la référence des énergies potentielles de pesanteur pour le tracé de la courbe correspondante. On prendra $g = 9,8\text{ N/kg}$.
(/ 6)

- 3) D'après les courbes, pendant combien de temps $t_{(\text{chute libre})}$ et jusqu'à quelle altitude, peut-on considérer que le parachutiste est soumis seulement à l'action de la terre. Argumentez
(/ 3)

- 4) Déterminez la variation d'énergie mécanique ΔE_m entre le début de la chute et $t = 1\text{ mn }20\text{ s}$ dans l'unité du système international avec le multiple le plus proche. Donnez une explication à cette variation d'énergie.
(/ 7)

Sources :

Données ayant servi au tracé des courbes Ec, Epp et Em :

Données sur ce record historique de saut en chute libre

http://www.cypres.cc/index.php?option=com_content&view=article&id=420&Itemid=167&lang=fr

Données du record (site redbull) : page 13

http://issuu.com/redbullstratos/docs/red_bull_stratos_summit_report_final_050213

Les données définitives du saut supersonique de Baumgartner :

<http://www.businessmontres.com/wp-content/uploads/2013/03/Les-donn%C3%A9es-d%C3%A9finitives-du-saut-supersonique-de-Baumgartner-FR.pdf>

Pour autre documents :

Vitesse d'un son exprimée en Mach :

http://fr.wikipedia.org/wiki/Nombre_de_Mach

Influence de l'altitude sur l'air :

http://fr.wikipedia.org/wiki/Vitesse_du_son

Question enlevée :

2) Retrouvez par le calcul, à partir des données du doc 2, les différentes valeurs de ces énergies affichées sur la courbe du doc 6, lorsque Baumgartner atteint sa vitesse maximale. On précisera la référence des énergies potentielles de pesanteur pour le tracé de la courbe correspondante.

(/ 6)

doc enlevé **Doc 4 :**

Pour les différentes couches de l'atmosphère, Température en fonction de l'Altitude et la Pression

