

Mary Poppins

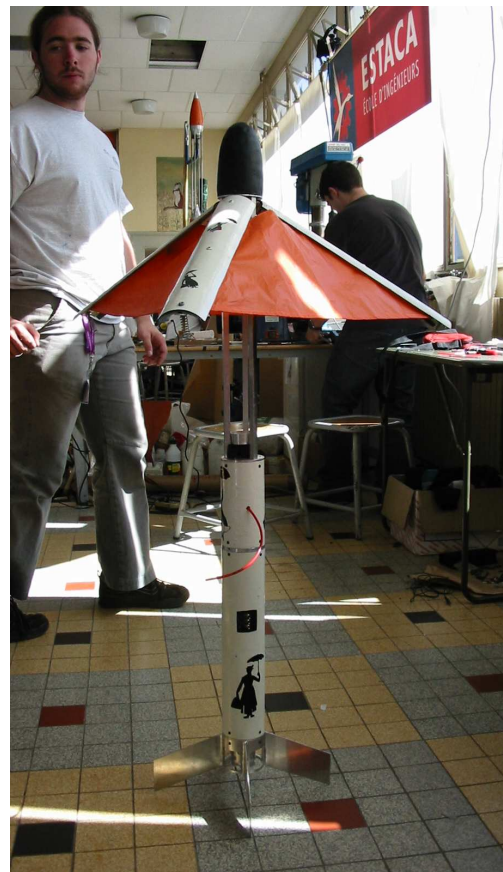
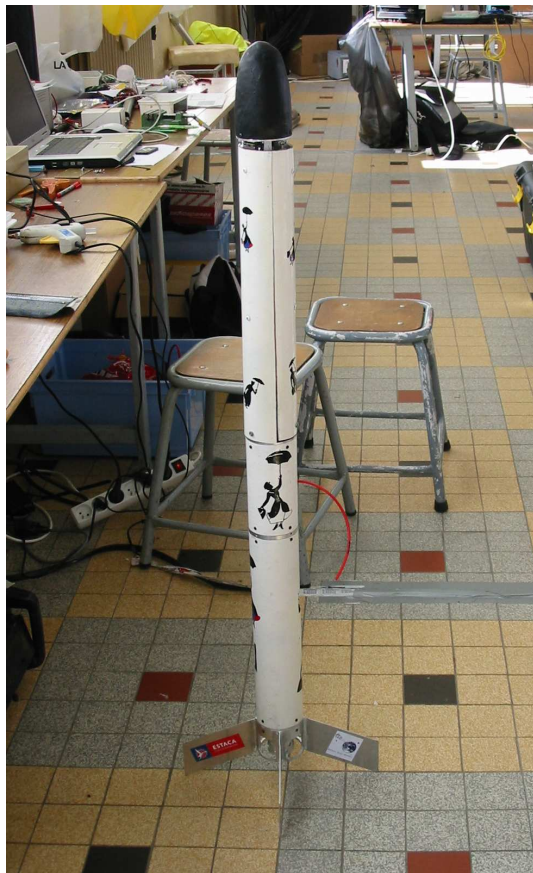


Introduction

Mary Poppins est une minifusée ayant pour but de valider une ouverture de type « parapluie ». Elle intègre également un système de détection d'apogée, déjà expérimenté sur la fusée Altair il y a deux ans, mais qui n'avait alors pas fonctionné.

Cette fusée n'étant réalisée que par deux membres en 5^{ème} année, parti en stage dès le mois de février, la principale difficulté de ce projet était liée aux contraintes de temps. Néanmoins, ce projet a pu être fini à temps...

Le parachute est en fait assimilé à la toile du parapluie qui sera maintenue entre les 3 coques de la fusée lors de sa descente. Par ailleurs, afin d'en faciliter la récupération, un buzzer chantera la bande originale du film « *Mary Poppins* » durant la descente... comme quoi même les 5^{ème} années ne sont après tout que de grands enfants !



Remerciements

Je tiens à remercier l'ensemble des membres de PLANETE SCIENCES MIDI-PYRENEES pour m'avoir accueilli dans leur base technique depuis le mois de février 2007, et pour l'aide qu'ils m'ont apporté durant les derniers mois de ce projet, et sans qui la fusée n'aurait pu être présentée lors cette campagne nationale.

Je tiens entre autre à remercier tout particulièrement :

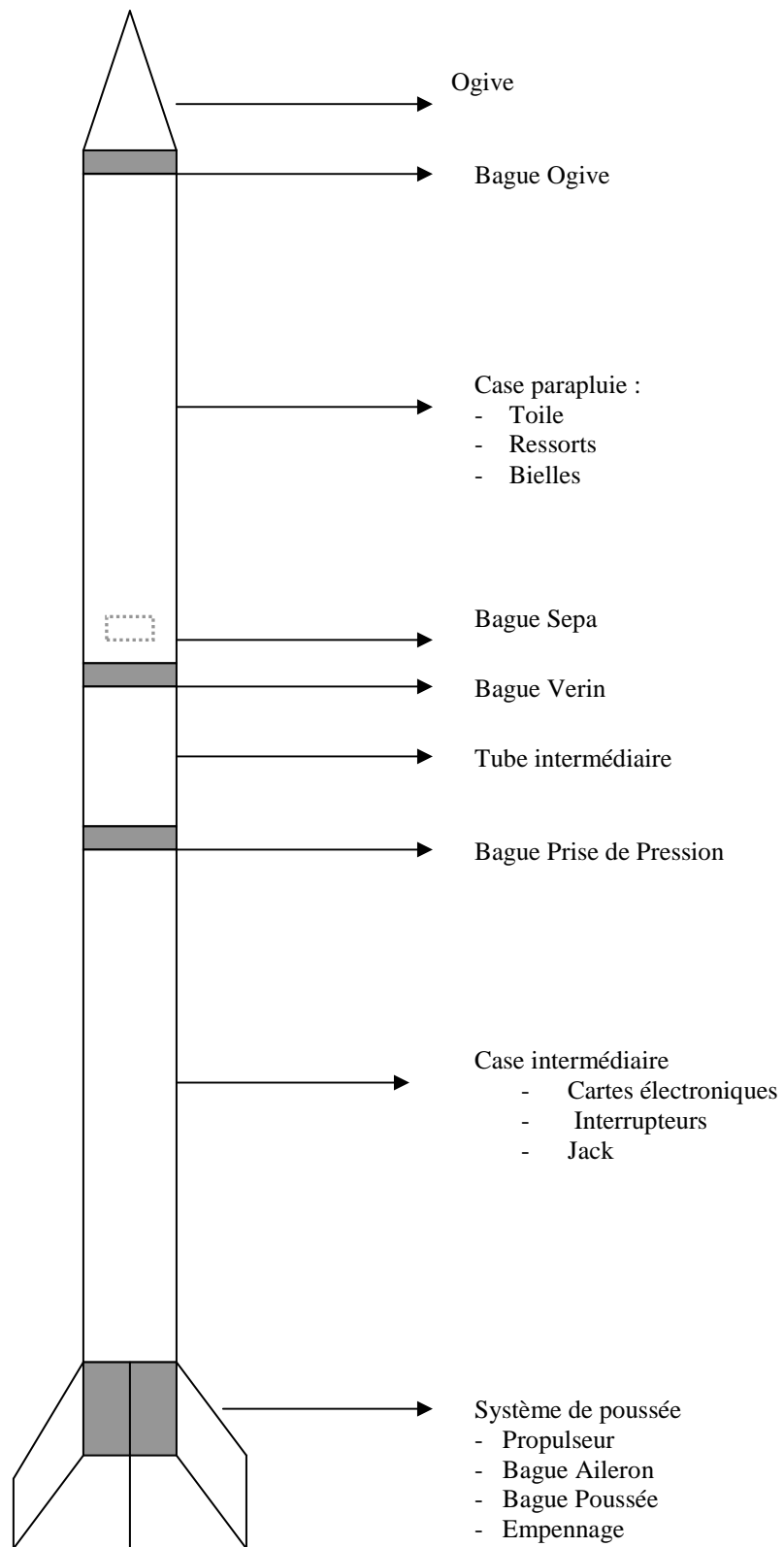
- Fred, pour les nombreuses fois où il s'est déplacé afin que je puisse travailler alors que la base technique était fermée.
- Philippe, pour avoir cousu la toile de parachute

Merci

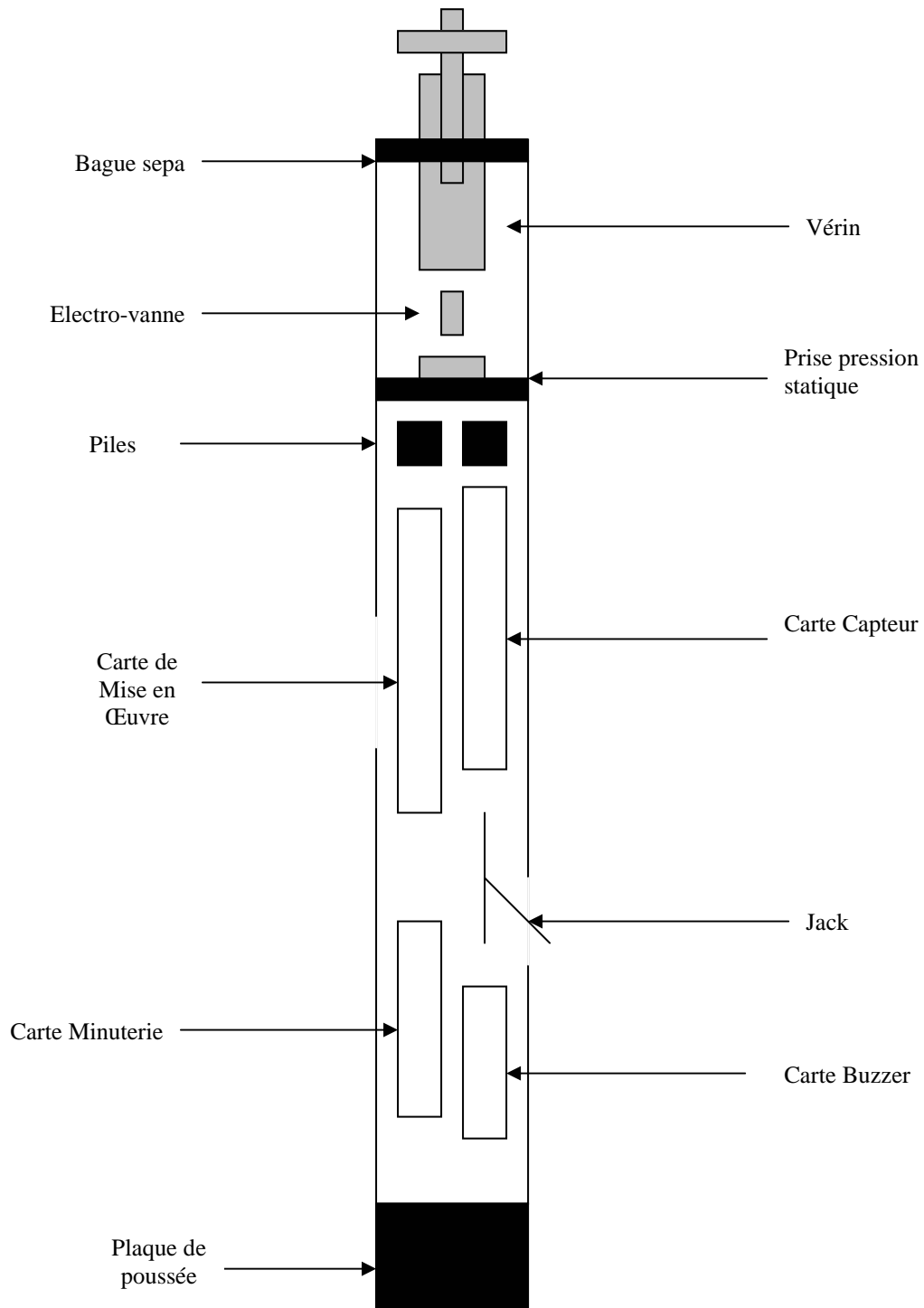
Vincent GAUTHERON



Architecture Fusée



Plan d'intégration

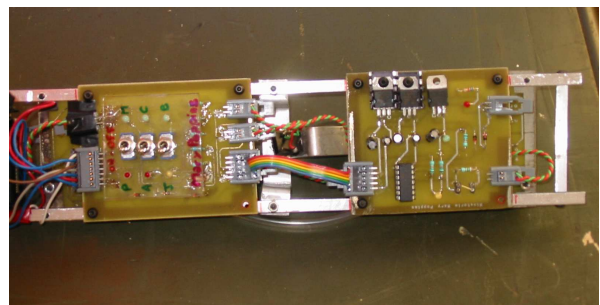
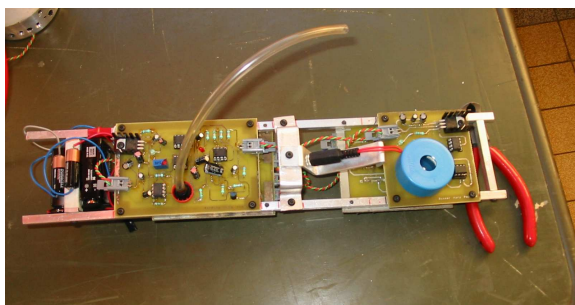
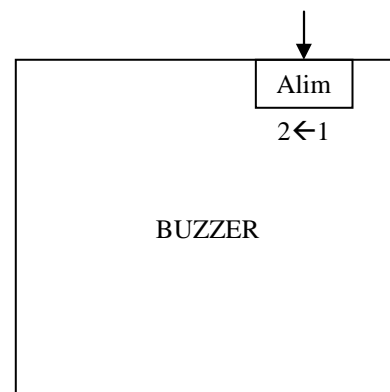
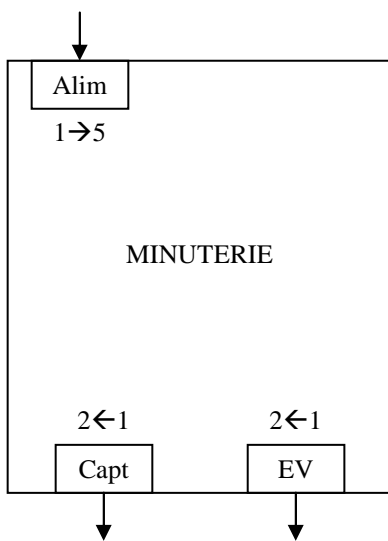
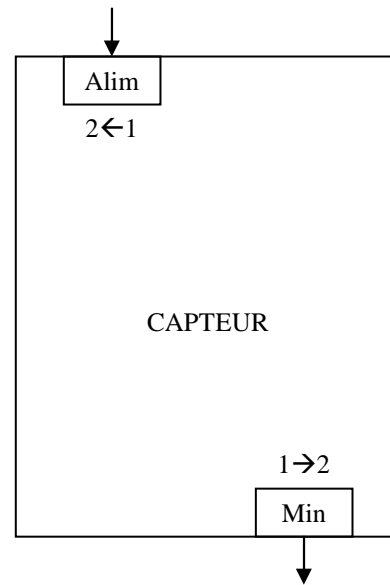
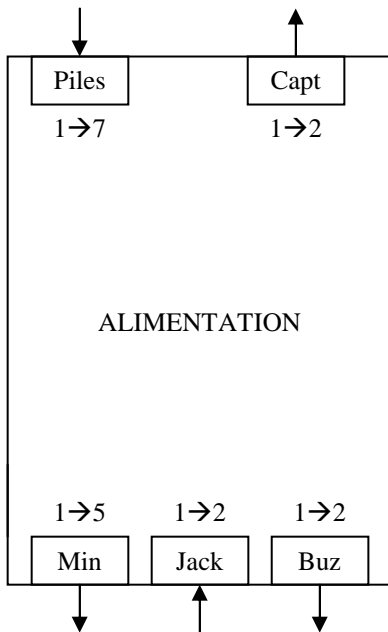


Chronologie de Mary Poppins

<u>Temps :</u>	<u>Tâche :</u>	<u>Qui :</u>
Au R3 :	Mise en place du jeu de piles neuves Vérification des systèmes + pisto coller : <ul style="list-style-type: none">- Buzzer- Fenêtrage + Détection d'apogée- Déclenchement vérin Montage de la fusée Vérification aspect extérieur (ailerons, vis, fixation propulseur)	Aude Vincent
H-75 min :	Montée sur l'aire de lancement	
H-60 min :	Arrivée en tente club Fermeture de la fusée (pompage à 4,5 bars)	
H-50 min :	Descente sur rampe sans oublier le matériel suivant : <ul style="list-style-type: none">- Pompe, tuyau et embout- Clé BTR de 3- 2 vis de rechange pour blocage du propulseur- Jack	
H-45 min :	Réglage en gisement de la rampe Réglage des patins (Ø 80) Compatibilité rampe Fixation cordon jack sur la rampe Sortie de la fusée de la rampe	Rampes Aude
H-35 min :	Vérification de la pression du vérin (4,5 bars). Section du tuyau	Vincent
H-25 min :	Mise en place du propulseur par l'artificier Serrage des vis pour le propulseur Mise en rampe Mise en place du jack	Pyro Vincent Aude
H-17 min :	Mise sous tension des interrupteurs <ul style="list-style-type: none">- Minuterie- Capteur- Buzzer Vérification des diodes Aude et Vincent rejoignent le poste de lancement	Aude
H-11 min :	Orientation en site de la rampe	
H-7 min :	Mise en place de la canne d'allumage	
H-4 min :	Armement du propulseur par l'artificier Evacuation de la rampe	
H-10 s :	Compte à rebours	
H-0 :	Vincent appuie sur le bouton de mise à feu	

Conception Elec

Plan de câblage



Capteur



Fiche capteur :

49

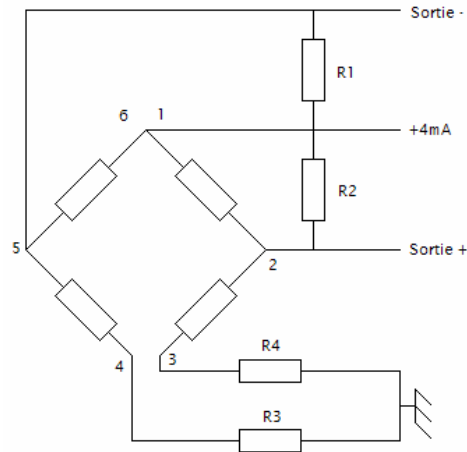
PAA-2/1BAR/8750.1

Temp [°C]	Zero [mV]	-1000 [mV]	Comp [mV]	dZero [mV]
0.2	-3.9	-1.1	-1.1	-0.2
25.8	-4.0	-0.9	-0.9	0.0
51.2	-4.2	-0.7	-0.7	0.2

COMP	R2	1000 kOhm	R3	0.0 Ohm
ZERO		-0.9 mV	Pabs	000 mbar
SENS		118.9 mV/bar at 1.000 mA		
SENS		475.6 mV/bar at 4.000 mA		
LIN		Lnorm	[Lbfs]	
	[bar]	[mV]	[%Fs]	[%Fs]
	0.000	0.0	0.00	-0.11
	0.500	59.6	0.14	0.11
	1.000	118.7	-0.14	-0.11

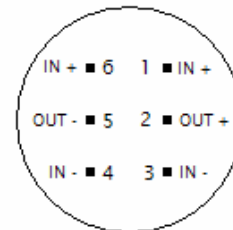
Long Term Stability Ok
Supply 1.000 mA
 08.08.06 ----- LOW0.B03As0

Branchement du capteur :



Pression Statique					
Altitude maxi	134	m			
à mesurer	83409	Pa	à	92808	Pa
précision capteur	100000	Pa	donne	158,5	mV
	83409	Pa	donne	132,2	mV
	92808	Pa	donne	147,1	mV
offset optimal			Offset =	132,2	mV
offset réel			Offset =	125	mV
à sortir	7,2	mV	à	22,1	mV
	1,2	V	à	3,8	V
gain optimal			G =	171,7	
gain réel			G =	167,7	
résistance optimale			R =	292,9	ohm
résistance réelle			R =	300	ohm
marge				5	%
	79239	Pa	à	97448,5	Pa
	125,6	mV	à	154,5	mV
	0,1	V	à	4,9	V

Diviseur de tension
 $0,125 = 5 * R2 / (R1 + R2)$
 $R1 = 39,0$ $R2$
 Prenons $R1 = 51$ kohm
 Soit $R2 = 1,3$ kohm



Capteur vue de dessous (pattes vers le haut)

Programmes des PIC (compilateur CCS PCWH 4.023)

#include "BuzPIC.h"

```
void delay_seconds(int32 n)
{
    for (;n!=0; n--)
        delay_ms( 1000 );
}
```

```
void bip()
{
    int32 i=0;
    while(i<10000)
    {
        output_high(PIN_A0);
        delay_us(140);
        output_low(PIN_A0);
        delay_us(140);
        i+=3;
    }
}
```

```
void mi()
{
    int32 i=0;
    while(i<791)
    {
        output_high(PIN_A0);
        delay_us(190);
        output_low(PIN_A0);
        delay_us(190);
        i+=1;
    }
}
```

```
void sol()
{
    int32 i=0;
    while(i<941)
    {
        output_high(PIN_A0);
        delay_us(159);
        output_low(PIN_A0);
        delay_us(159);
        i+=1;
    }
}
```

```
void la()
{
    int32 i=0;
    while(i<1056)
    {
        output_high(PIN_A0);
        delay_us(142);
        output_low(PIN_A0);
        delay_us(142);

        i+=1;
    }
}
```

```
void fa()
{
    int32 i=0;
```

```
    while(i<838)
    {
        output_high(PIN_A0);
        delay_us(179);
        output_low(PIN_A0);
        delay_us(179);
        i+=1;
    }
}
```

```
void rel()
{
    int32 i=0;
    while(i<703)
    {
        output_high(PIN_A0);
        delay_us(213);
        output_low(PIN_A0);
        delay_us(213);
        i+=1;
    }
}
```

```
void re2()
{
    int32 i=0;
    while(i<1410)
    {
        output_high(PIN_A0);
        delay_us(106);
        output_low(PIN_A0);
        delay_us(106);
        i+=1;
    }
}
```

```
void ut()
{
    int32 i=0;
    while(i<1256)
    {
        output_high(PIN_A0);
        delay_us(119);
        output_low(PIN_A0);
        delay_us(119);
        i+=1;
    }
}
```

```
void si()
{
    int32 i=0;
    while(i<1185)
    {
        output_high(PIN_A0);
        delay_us(127);
        output_low(PIN_A0);
        delay_us(127);
        i+=1;
    }
}
```

```
void soldiese()
{
    int32 i=0;
```

```

while(i<997)
{
    output_high(PIN_A0);
    delay_us(150);
    output_low(PIN_A0);
    delay_us(150);
    i+=1;
}

void main()
{
    setup_oscillator(OSC_8MHZ);

    bip();
    delay_seconds( 600 );

    while(1)
    {
        mi() ; sol() ; sol() ; sol() ;
        la() ; sol() ; sol() ; mi() ; sol() ;
        sol() ; la() ; sol() ; sol() ; sol() ;
        fa() ;
        delay_ms(300);
    }
}

```

```

        sol() ; sol() ; sol() ;
        sol() ; la() ; sol() ; sol() ;
        rel() ; sol() ; sol() ; la() ;
        sol() ; sol() ; sol() ; mi() ;
        delay_ms(300);
        sol() ; sol() ; sol() ;
        sol() ; la() ; sol() ; sol() ;
        sol() ; ut() ; ut() ; re2() ; ut()
        ; ut() ; ut() ; la() ;
        delay_ms(300);
        la() ; ut() ; si() ; la() ;
        ut() ; sol() ; sol() ; mi() ;
        sol() ; soldiese() ; la() ; si() ;
        ut() ; ut() ; ut() ;
        delay_ms(300);

        delay_seconds(2);
    }
}

```

#include "MinPIC.h"

```

int32 i;

void main()
{
    setup_adc_ports(NO_ANALOGS|VSS_VDD);
    setup_adc(ADC_OFF);

    setup_timer_0(RTCC_INTERNAL|RTCC_DIV_1);
    setup_timer_1(T1_DISABLED);
    setup_timer_2(T2_DISABLED,0,1);
    setup_comparator(NC_NC_NC_NC);
    setup_vref(FALSE);
    setup_oscillator(OSC_8MHZ);

    // le jack est mis, la led clignote
    rapidement
    // boucle de test, si on veut remettre
    le jack
    do
    {
        i=0;
        while (input(PIN_A4)==0)
        {
            output_high(PIN_A0);
            delay_ms(150);
            output_low(PIN_A0);
            delay_ms(150);
        }
    }

    // on enlève le jack
    // apogée prévue à t0+5s
}

```

```

// jusqu'à t0+4s, la led clignote
toutes les secondes

while((i<400)&&(input(PIN_A4)==1))
{
    output_high(PIN_A0);
    delay_ms(250);
    output_low(PIN_A0);
    delay_ms(750);
    i+=100;
}
}while(input(PIN_A4)==0);

// jusqu'à t0+6,5s, si détection,
il y a, on déclenche EV et led

while (i<650)
{
    if (input(PIN_A2)==1)
    {
        output_high(PIN_A0);
        output_high(PIN_A1);
    }
    delay_ms(10);
    i+=1;
}

// à t0+6,5s, on déclenche l'EV
mais pas la led
// Si à la fin du vol, la led
jaune est allumée, la détection
d'apogée a fonctionné sinon non...

    output_high(pin_A1);
}

```

Buzzer

Conversion des notes de musique en fréquence (Hz)

16 744,032	17 739,680	18 794,544	19 912,112	21 096,160	22 350,592
8 372,016	8 869,840	9 397,272	9 956,056	10 548,080	11 175,296
4 186,008	4 434,920	4 698,636	4 978,028	5 274,040	5 587,648
2 093,004	2 217,460	2 344,318	2 489,014	2 637,020	2 793,824
1 046,502	1 108,730	1 174,059	1 244,507	1 318,510	1 396,912
523,251	554,365	587,329	622,253	659,255	698,456
261,625	277,182	293,664	311,126	329,627	349,228
130,812	138,591	146,832	155,563	164,813	174,614
65,406	69,295	73,416	77,781	82,406	87,307
32,703	34,647	36,708	38,890	41,203	43,653
16,351	17,323	18,354	19,445	20,601	21,826
Do	Do#/Réb	Ré	Ré#/Mib	Mi	Fa

23 679,616	25 083,712	26 579,488	28 160,000	29 834,464	31 608,512
11 839,808	12 541,856	13 289,744	14 080,000	14 917,232	15 804,256
5 919,904	6 270,928	6 644,872	7 040,000	7 458,616	7 902,128
2 959,952	3 135,964	3 322,436	3 520,000	3 729,308	3 951,064
1 479,976	1 567,982	1 661,218	1 760,000	1 864,654	1 975,532
739,988	783,991	830,609	880,000	932,327	987,766
369,994	391,995	415,304	440,000	466,163	493,883
184,997	195,997	207,652	220,000	233,081	246,941
92,498	97,998	103,826	110,000	116,540	123,470
46,249	48,999	51,913	55,000	58,270	61,735
23,124	24,499	25,956	27,500	29,135	30,867
Fa#/Solb	Sol	Sol#/Lab	La	La#/Sib	Si

Durée des fronts montants et descendants (us)

30	28	27	25	24	22
60	56	53	50	47	45
119	113	106	100	95	89
239	225	213	201	190	179
478	451	426	402	379	358
956	902	851	804	758	716
1 911	1 804	1 703	1 607	1 517	1 432
3 822	3 608	3 405	3 214	3 034	2 863
7 645	7 216	6 811	6 428	6 068	5 727
15 289	14 431	13 621	12 857	12 135	11 454
30 579	28 863	27 242	25 714	24 271	22 908
Do	Do#/Réb	Ré	Ré#/Mib	Mi	Fa

21	20	19	18	17	16
42	40	38	36	34	32
84	80	75	71	67	63
169	159	150	142	134	127
338	319	301	284	268	253
676	638	602	568	536	506
1 351	1 276	1 204	1 136	1 073	1 012
2 703	2 551	2 408	2 273	2 145	2 025
5 406	5 102	4 816	4 545	4 290	4 050
10 811	10 204	9 631	9 091	8 581	8 099
21 623	20 409	19 263	18 182	17 161	16 199
Fa#/Solb	Sol	Sol#/Lab	La	La#/Sib	Si

Nombre de passage dans la boucle

tempo : 200

5 023	5 322	5 638	5 974	6 329	6 705
2 512	2 661	2 819	2 987	3 164	3 353
1 256	1 330	1 410	1 493	1 582	1 676
628	665	703	747	791	838
314	333	352	373	396	419
157	166	176	187	198	210
78	83	88	93	99	105
39	42	44	47	49	52
20	21	22	23	25	26
10	10	11	12	12	13
5	5	6	6	6	7
Do	Do#/Réb	Ré	Ré#/Mib	Mi	Fa

7 104	7 525	7 974	8 448	8 950	9 483
3 552	3 763	3 987	4 224	4 475	4 741
1 776	1 881	1 993	2 112	2 238	2 371
888	941	997	1 056	1 119	1 185
444	470	498	528	559	593
222	235	249	264	280	296
111	118	125	132	140	148
55	59	62	66	70	74
28	29	31	33	35	37
14	15	16	17	17	19
7	7	8	8	9	9
Fa#/Solb	Sol	Sol#/Lab	La	La#/Sib	Si

Paroles

Mary Poppins Supercalifragilisticexpialidocious

[Mary]

Supercalifragilisticexpialidocious !
C'est vrai que ce mot trop long est parfaitement atroce
Mais faut le dire et vous serez à la page et plus précoce,
Supercalifragilisticexpialidocious !

[Bert]

Parce que j'avais, en étant petit, pas envie de parler,
Papa, en rage, m'a tordu le nez et se mit à me blâmer.
Quand un jour, inspiré, j'ai pu faire la belle invention
De ce très long mot recommandé pour la prononciation...

[Mary & Bert]

Oh ! Supercalifragilisticexpialidocious !
C'est vrai que ce mot trop long est parfaitement atroce
Mais faut le dire et vous serez à la page et plus précoce,
Supercalifragilisticexpialidocious !

[Mary] Il fait souvent le tour du monde et dans ce va-et-vient,
Il use d'un mot et l'on se dit : « C'est un grand magicien »

[Bert] Les ducs et maharadjas prennent le temps de m'écouter.
A l'aide d'un simple mot, je fais qu'ils m'invitent à déjeuner.

[Mary & Bert]

Ouh ! Supercalifragilisticexpialidocious !
C'est vrai que ce mot trop long est parfaitement atroce
Mais faut le dire et vous serez à la page et plus précoce,
Supercalifragilisticexpialidocious !

[Mary] Et si vous le dites à l'envers,
Ca donne « Docious-ali-expi-istic-fragil-cali-super »
Mais c'est tout de même aller chercher un peu loin.

[Bert] Indubitablement !

[Mary] Mais dès qu'au chat on donne sa langue,
Les beaux rêves sont permis.

[Bert] C'est brai !

[Mary] Dites seulement ce petit mot et alors vous aurez tout dit.
Mais attention car il pourrait se faire qu'il change votre vie.

[Un musicien] Par exemple...

[Mary] Oui ?

[Le musicien] J'ai l'ai dit à une fille que je fréquentais
Et maintenant, elle est ma femme.

Oooh, je le regrette pas, c'est un délicieuse créature !

[Tous] Supercalifragilisticexpialidocious !

Supercalifragilisticexpialidocious !

[Mary & Bert] Supercalifragilisticexpialidocious !

[Tous] Supercalifragilisticexpialidocious !

Supercalifragilisticexpialidocious

from Walt Disney's MARY POPPINS

Words and Music by Richard M. Sherman
and Robert B. Sherman

Brightly
C

MARY POPPINS
mf
Su - per - cal - i - frag - il - is - tic - ex - pi - al - i - do - cious!

C#dim **G7**

Ev - en though the sound of it is some - thing quite a - tro - cious,

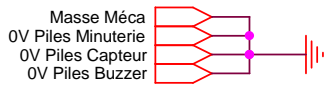
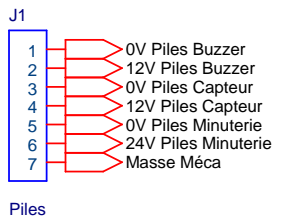
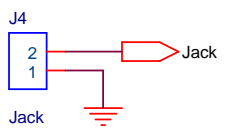
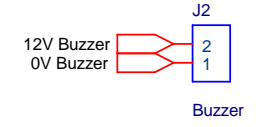
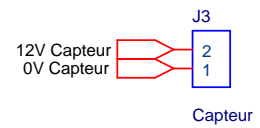
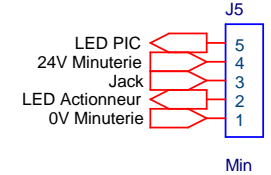
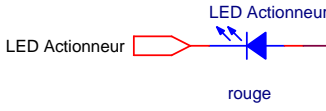
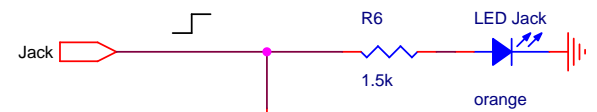
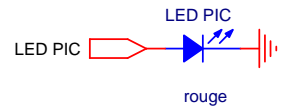
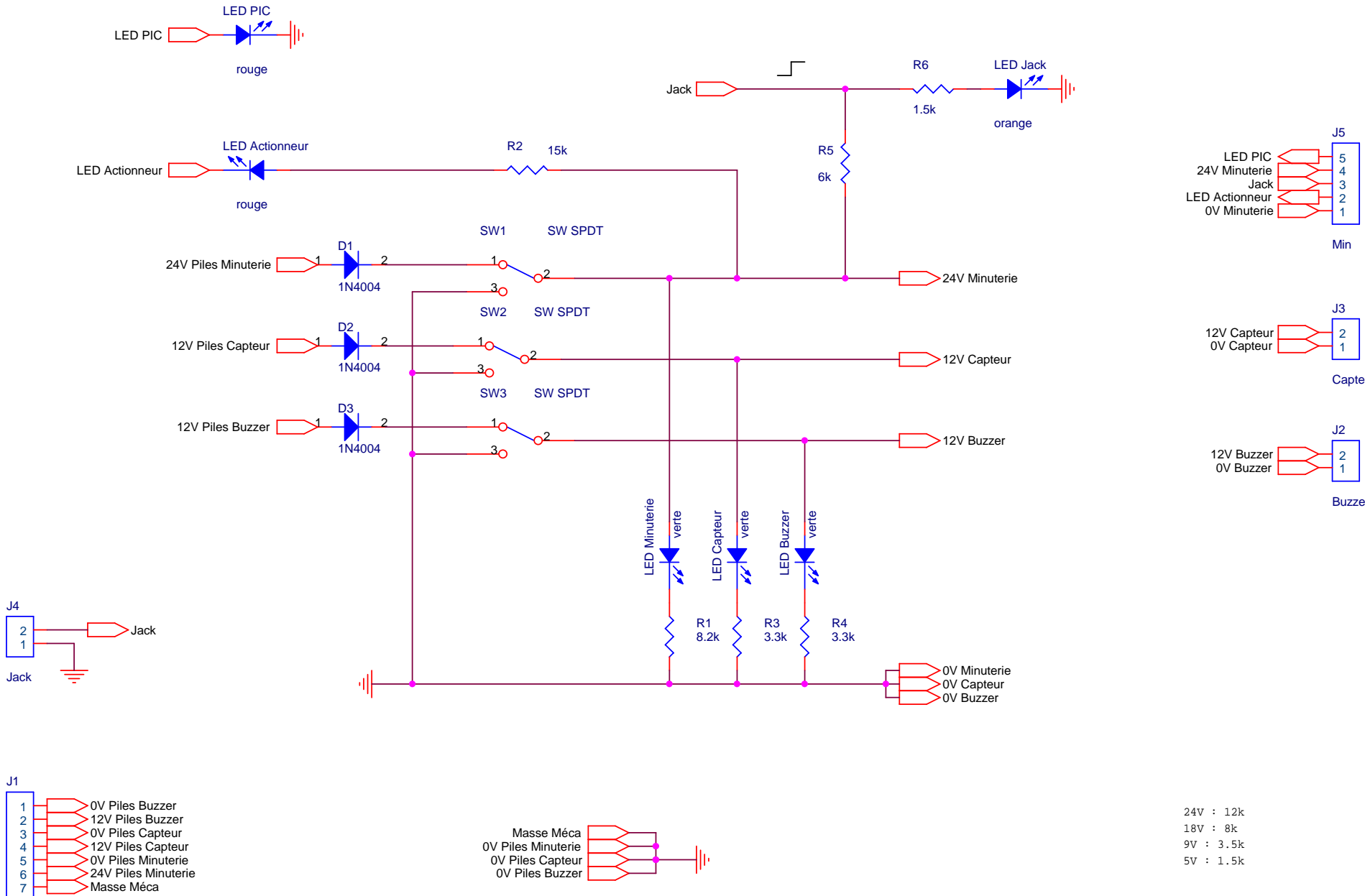
C

If you say it loud e - nough, you'll al - ways sound pre - co - cious.

C7 **F**

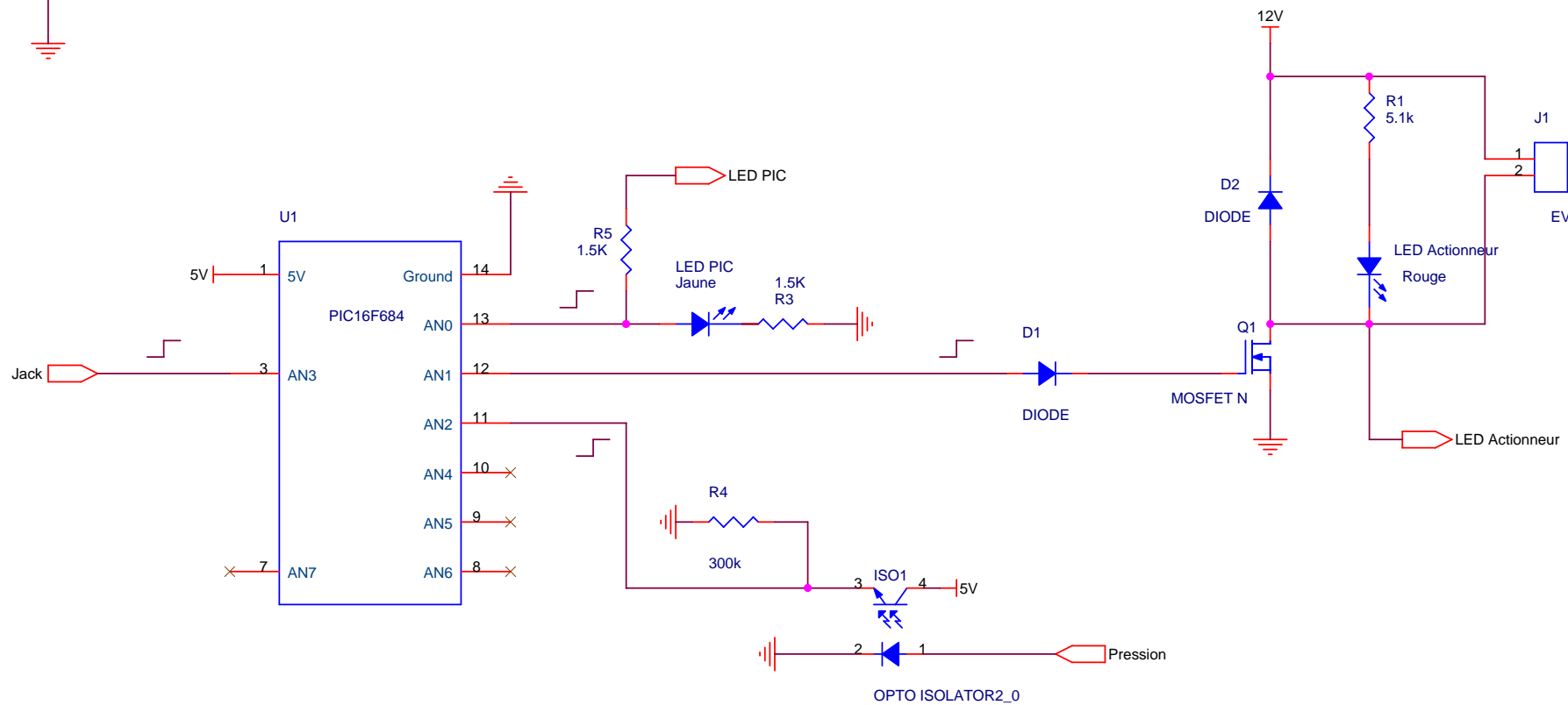
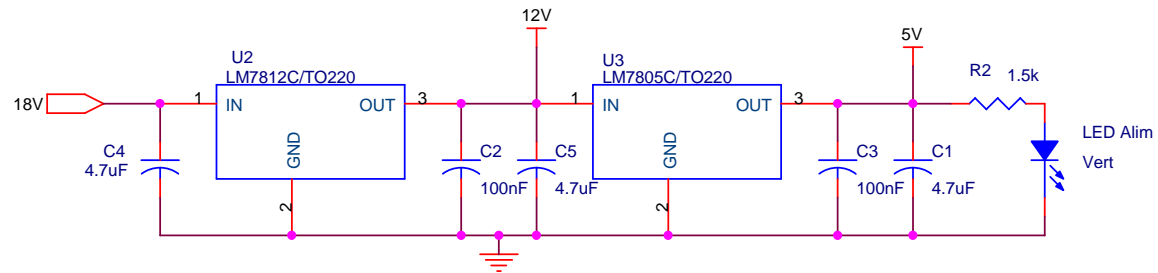
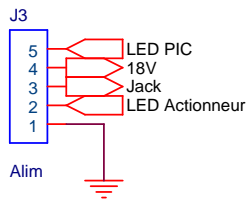
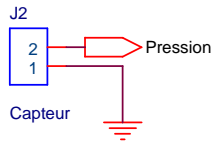
Su - per - cal - i - frag - il - is - tic - ex - pi - al - i - do - cious!

F **F#dim** **C** **G7** **C**

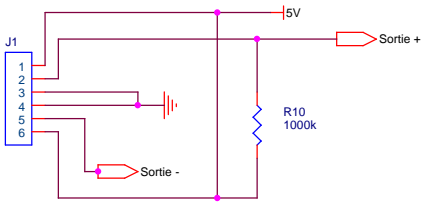
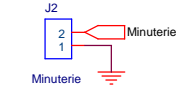
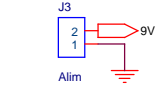
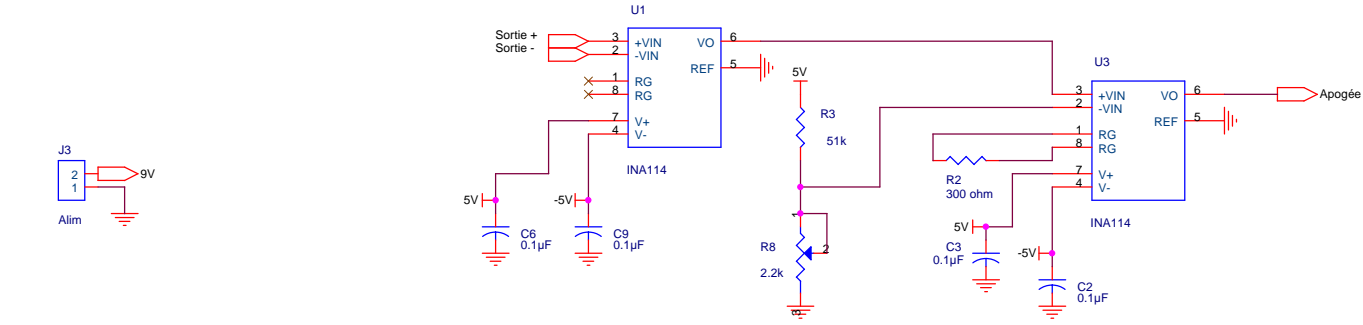


24V : 12k
18V : 8k
9V : 3.5k
5V : 1.5k

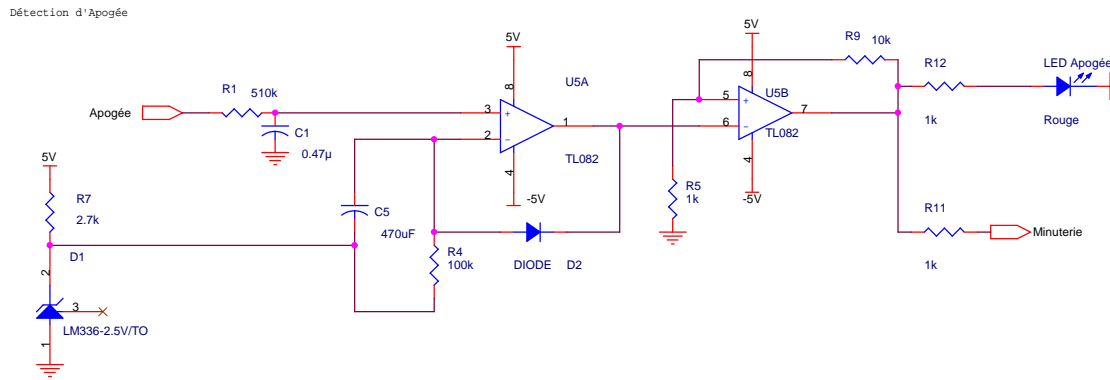
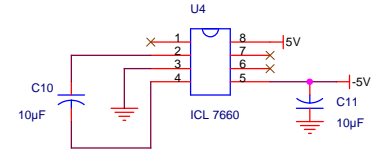
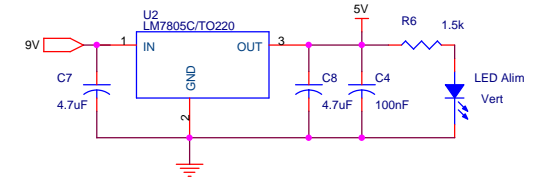
Title		
Mary Poppins Alim		
Size	Document Number	Rev
A4	ESO	
Date:	Wednesday, July 11, 2007	Sheet 1 of 1



Title		
Mary Poppins Minuterie		
Size	Document Number	Rev
A4	ESO	
Date:	Tuesday, October 17, 2006	Sheet 1 of 1

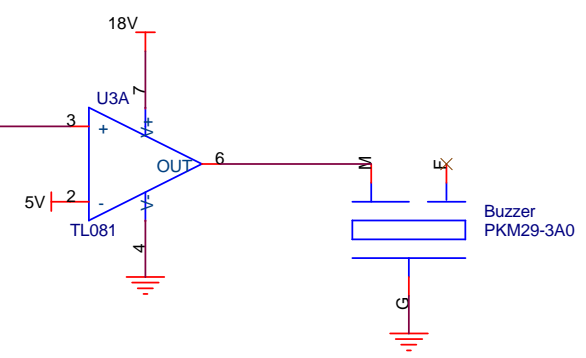
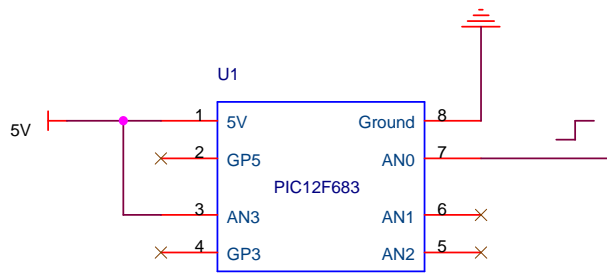
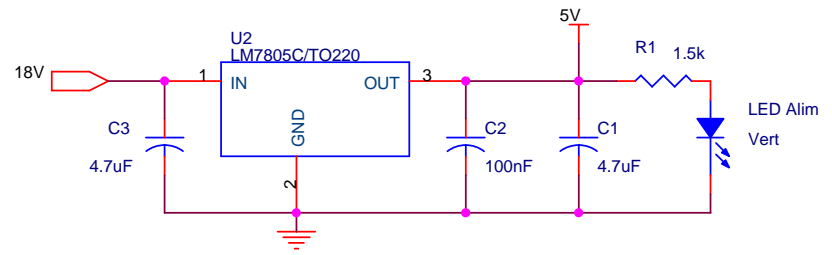
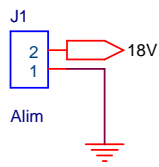


Capteur de pression



Détection d'Apogée

Title			Détection d'Apogée		
Size	Document Number				Rev
A3	Mary Poppins	ESO 2006-2007			
Date:	Thursday, January 11, 2007	Sheet	1	of	1



Title		
Mary Poppins Buzzer		
Size	Document Number	Rev
A4	ESO	
Date:	Monday, February 05, 2007	Sheet 1 of 1

Conception Méca

Résultats TRAJEC 2.5

```

D:\Trajec25\Trajec25.exe
F1 : Trajectoire F2 : Stabilité F3 : Fichiers F4 : Moteurs F5 : Vent
FUSEE: Mary_Poppins CLUB: ESO MOTEUR: Cariatou PAS: 10 %
virole: NON Xcg: 0 biétage: NON
masse: 0.000
prop: 1117
1
130 → D ← Xcg vide: 635 → Xcg: 678 → masse: 2.698 kg
80 L=1095
coiffe: conique
jupe/rétraint: NON épaisseur ailerons: 2.0
sortir du programme
déplacements: +↑↓ valid.: RETURN variations: + nombre d'ailerons: 4
Produit Ms x Cn: vide= 77.8 plein= 75.1
nom de la fusée_
Cn=17.8 ||Kcp:1016 ||marge statique: de 4.2 à 4.4 STABLE cotes en mm
  
```

```

D:\Trajec25\Trajec25.exe
F1 : Trajectoire F2 : Stabilité F3 : Fichiers F4 : Moteurs F5 : Vent
calcul de trajectoire en cours
t=0.000s z-z0= 0m v= 0m/s x= 0m y= 0m g= 0m/s² A= 75°
sortie de rampe
t=0.260s z-z0= 2m v= 19m/s x= 1m y= 0m g= 60m/s² A= 75°
fin de propulsion
t=0.950s z-z0= 24m v= 45m/s x= 7m y= 0m g= 6m/s² A= 72°
culmination
t=5.050s z-z0= 109m v= 13m/s x= 63m y= 0m g= 10m/s² A= 0°
impact
t=9.860s z-z0= 0m v= 46m/s x= 122m y= 0m g= 8m/s² A=-75°
appuyez sur une touche pour retourner au menu
  
```

```

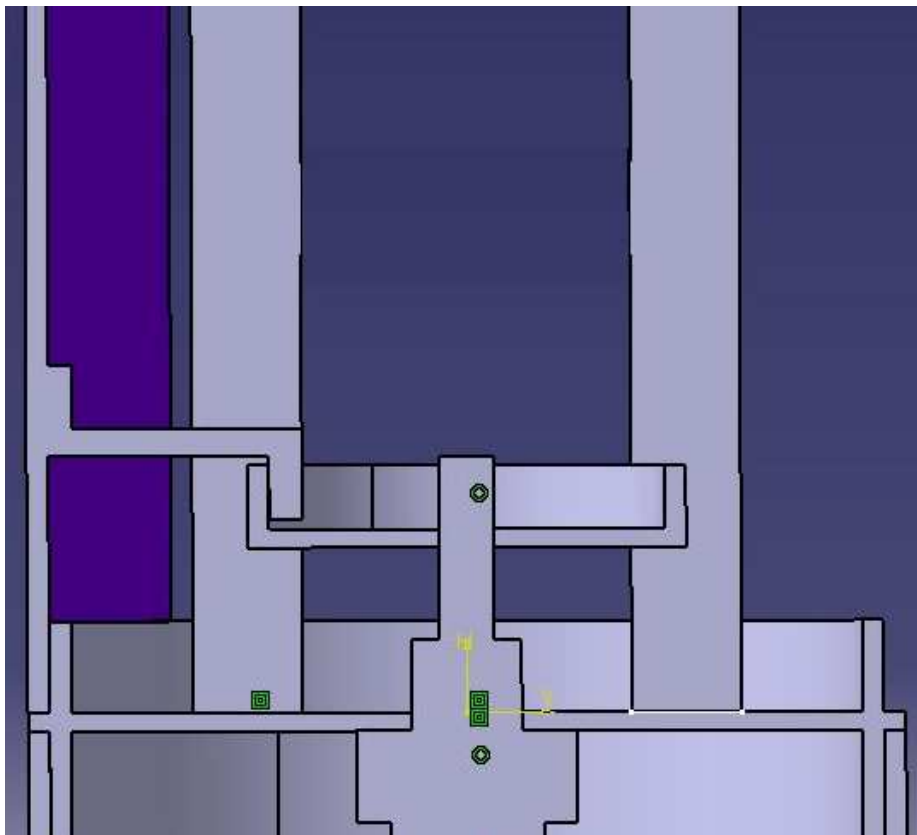
D:\Trajec25\Trajec25.exe
F1 : Trajectoire F2 : Stabilité F3 : Fichiers F4 : Moteurs F5 : Vent
1: MOTEUR Cariatou A: PAS DE CALCUL 0.01 s G: VITESSE INITIALE 0 m/s
2: MASSE 2.698 kg B: Cx ESTIME 0.60 X: AXE X INITIAL 0 m
3: MAITRE COUPLE 6067 mm² C: ALTITUDE RAMPE 0 Y: AXE Y INITIAL 0 m
4: FICHER RESULTAT NON D: SITE DE LA RAMPE 75° Z: AXE Z INITIAL 0 m
5: TEMPS D'OUVERTURE DU H: GISEMENT RAMPE 0° I: TEMPS INITIAL 0.0 s
PARACHUTE: 6.5 s E: LONGUEUR RAMPE 2.5 L: IMPRIME UN FICHER
6: DESCENTE SOUS F: IMPRESSION DES RESULTAT
PARACHUTE NON PRINCIPAUX RESULTATS: M: EDITE UN FICHER
7: VITESSE PARA: 11 m/s NON RESULTAT
VENT: ventnul.ven --- Version 2.5 ---
0: FUSEE Mary_Poppins K: CLUB ESO
8: début du calcul de trajectoire 9: sortir du programme
  
```

Séparation

L'objectif de cette fusée est de valider l'ouverture dite « parapluie » de la fusée. Le système présenté ici est constitué d'un vérin pneumatique ainsi que d'un ressort de traction. Le mécanisme employé s'est voulu le plus simple possible, afin d'en assurer la robustesse.

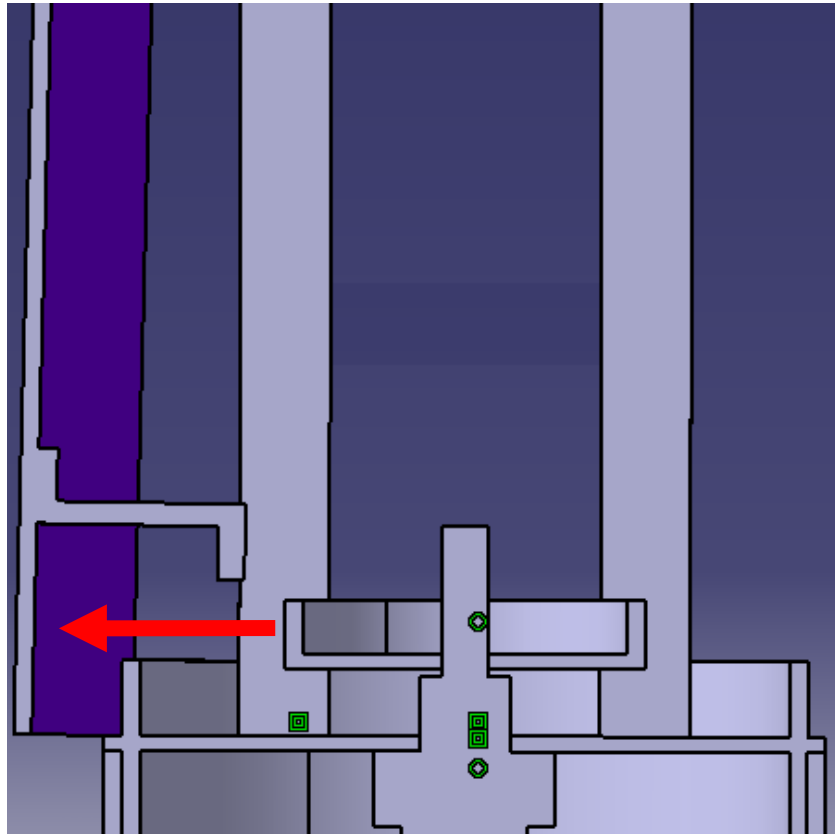
Etude en position fermée

En position fermée, le vérin est gonflé. Par l'intermédiaire d'une bague située sur sa tige, les « doigts » présents à l'extrémité des coques maintiennent la fusée fermée. Cette position force ici le ressort, non représenté ici, à s'allonger.



Etude en position ouverte

Au moment de l'ouverture, le vérin, commandé électriquement, se dégonfle, sa tige se rétracte, ce qui libère alors les « doigts » des peaux. Naturellement, le ressort de traction revient à sa position naturelle et se rétracte à son tour, ce qui permet, à l'aide du système de bielles mis en place, aux coques de s'ouvrir tel un parapluie.



A noter l'ajout de petits ressorts de compression, non représentés ici, permettant d'aider à l'ouverture de la fusée sur les premiers instants.

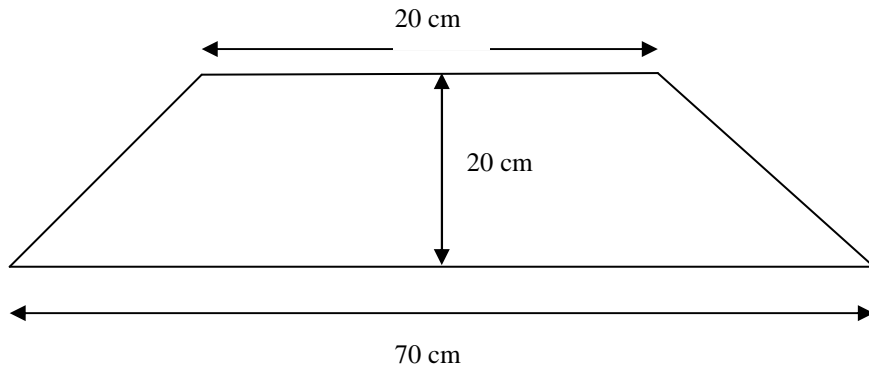
Comme nous pouvons donc le constater, l'ouverture « parapluie » est uniquement commandé par l'action du vérin. Le ressort de traction pour sa part n'obéit qu'à des lois purement géométriques, contenu de la position fermée ou ouverte de la fusée.

Néanmoins, il est nécessaire au-delà de ces considérations, de vérifier que le ressort est suffisamment puissant pour pouvoir ouvrir la fusée lorsque celle-ci atteindra son apogée.

Dimensionnement mécanique

- Calcul de la vitesse de descente

La toile de notre parapluie est constituée de 3 Trapèzes ayant les dimensions suivantes :



La surface d'un trapèze étant définie par : $S_{\text{trapèze}} = \frac{B+b}{2} \cdot h$, on trouve au final que la surface d'un trapèze est $0,09 \text{ m}^2$. Il vient alors que la surface totale de notre « toile de parapluie » est de $0,27 \text{ m}^2$.

D'après le cahier des charges, il est précisé que la vitesse de descente de la fusée doit être comprise entre 5 et 15 m/s.

On sait que :
$$V_{\text{descente}} = \sqrt{\frac{2 \cdot m \cdot g}{\rho \cdot S \cdot C_x}}$$

Avec dans le cas qui nous intéresse $C_x = 1$, $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$ et $m = 2,6 \text{ kg}$.

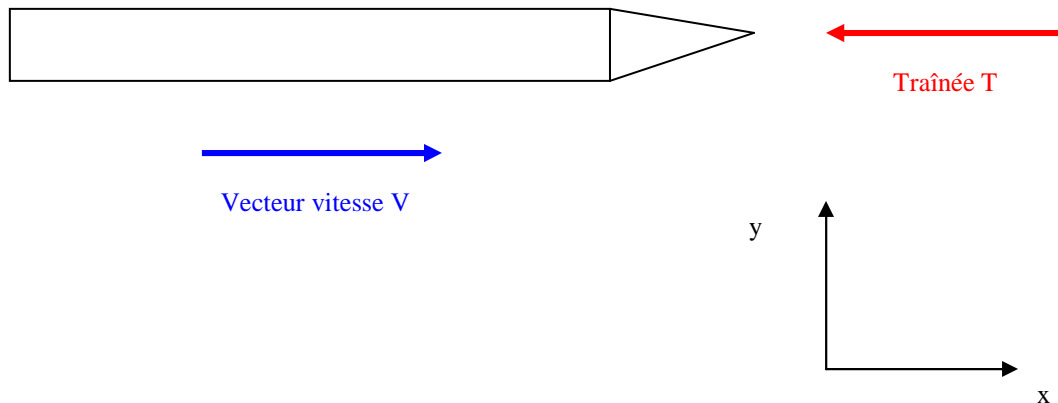
Par ailleurs, $S = S_{\text{toile}} + \text{Maître Couple}$

Où le Maître couple de notre fusée vaut $\pi \cdot \frac{D_{\text{fusée}}^2}{4} = 0,08 \text{ m}^2$ s'ou $S = 0,35 \text{ m}^2$. Au final, on aboutit donc à $V_{\text{descente}} = 11 \text{ m/s}$.

Ainsi donc, notre vitesse de descente est bien comprise dans la fourchette des vitesses indiquées dans le cahier des charges.

- Dimensionnement du ressort :

L'effort que fournira le ressort lors de son retour à sa longueur à vide doit être suffisant pour ouvrir le « parapluie » lorsque la fusée atteint son apogée. A cet instant, on a alors :



Effectuons un bilan des forces à l'apogée de la fusée :

$$\text{On a : } F_{\text{ressort}} \geq T \Leftrightarrow F_{\text{ressort}} \geq \frac{1}{2} \rho \cdot S \cdot C_x \cdot V^2$$

Nous considérerons toujours pour cette étude que $C_x = 1$, $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$ et $m = 2,5 \text{ kg}$. Par ailleurs, la surface prise en compte correspond à celle vue par le vent relatif lorsque la fusée est complètement ouverte, ce qui est le cas le plus pénalisant, d'où $S = 0,35 \text{ m}^2$ comme nous l'avons calculé précédemment.

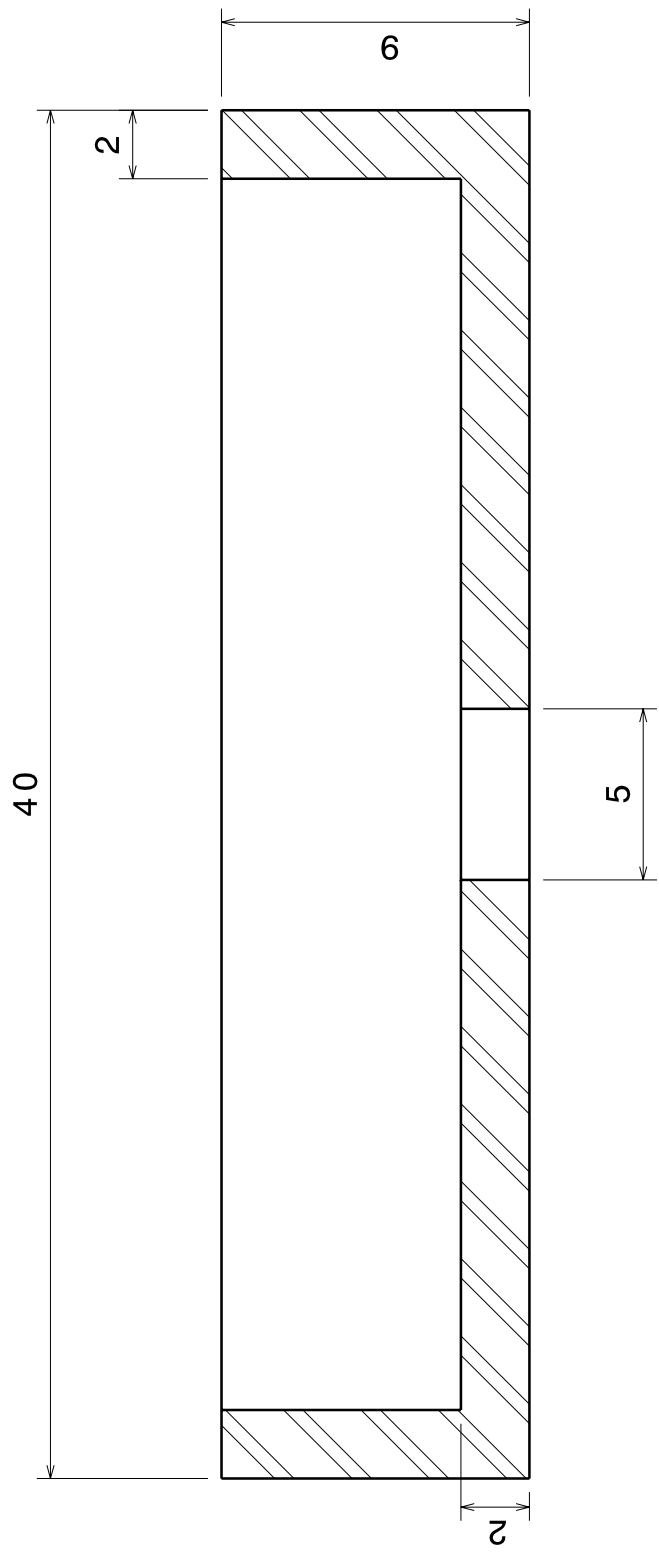
Enfin, d'après TRAJEC, la vitesse à l'apogée de notre fusée est de 5 m/s . Mais par mesure de précaution, nous prendrons la vitesse de la fusée obtenue 2 secondes après cette apogée, dans le cas où les estimations de TRAJEC ne serait pas parfaitement correcte : Cette vitesse est alors de 15 m/s .

Au final, on obtient $F_{\text{ressort}} \geq 44 \text{ N}$

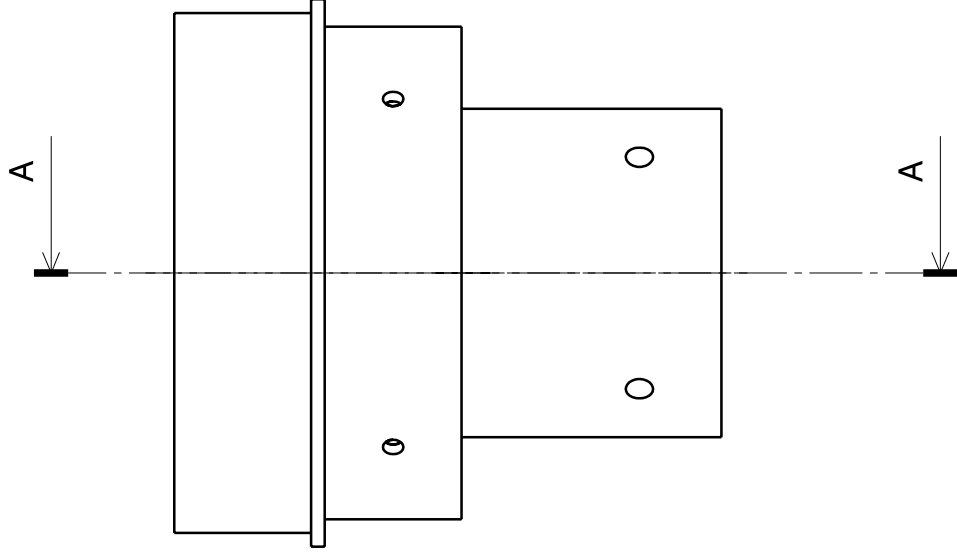
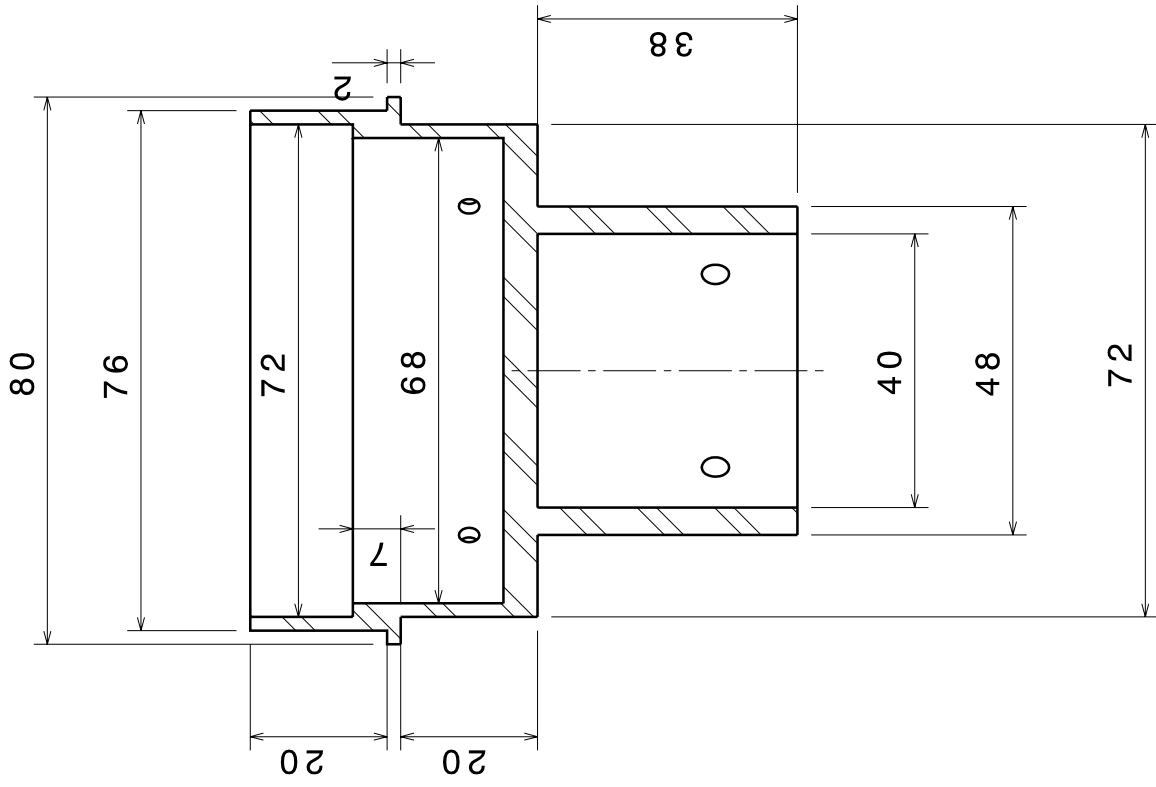
Or $F_{\text{ressort}} \equiv k \cdot \Delta x$, où :

- k correspond à la raideur du ressort
- Δx correspond à l'allongement du ressort entre sa position à vide (fusée ouverte) et sa position tendue (fusée fermée).

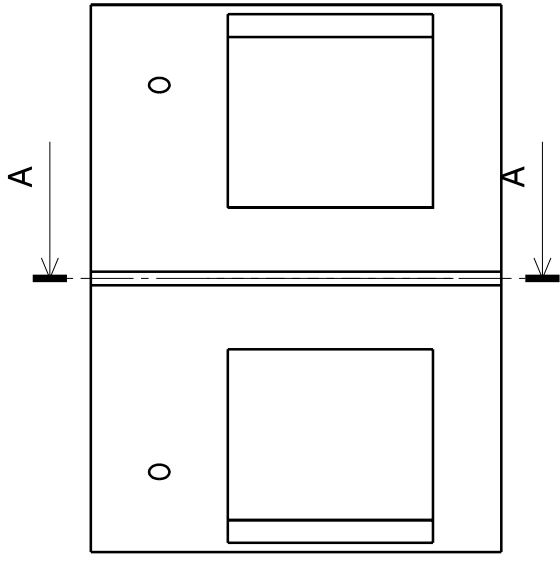
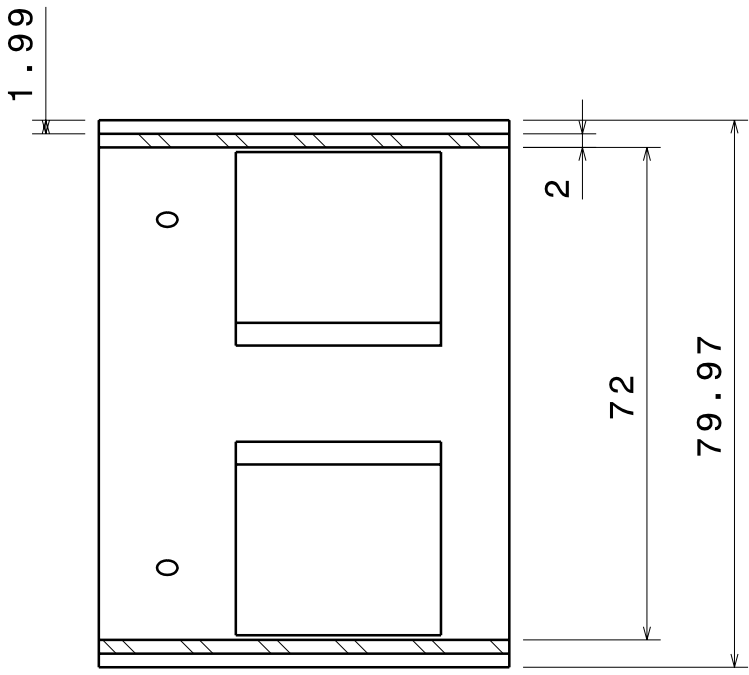
Dans notre cas, nous avons un allongement de $\Delta x = 12 \text{ cm}$ et une raideur $k = 470 \text{ N/m}$, ce qui nous permet donc de fournir un effort de 56 N , ce qui est largement supérieur à l'effort nécessaire.



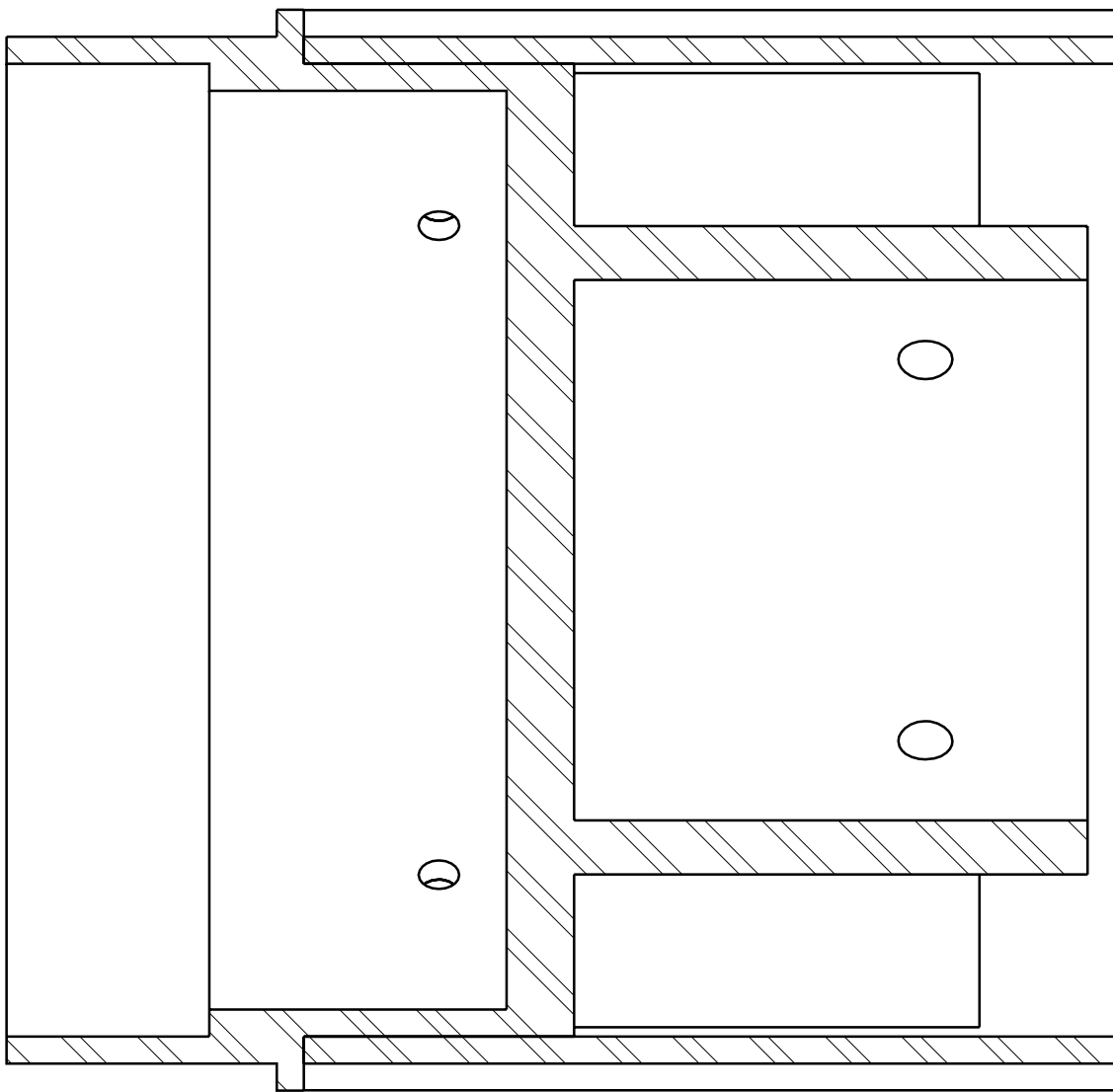
Bague Sepa



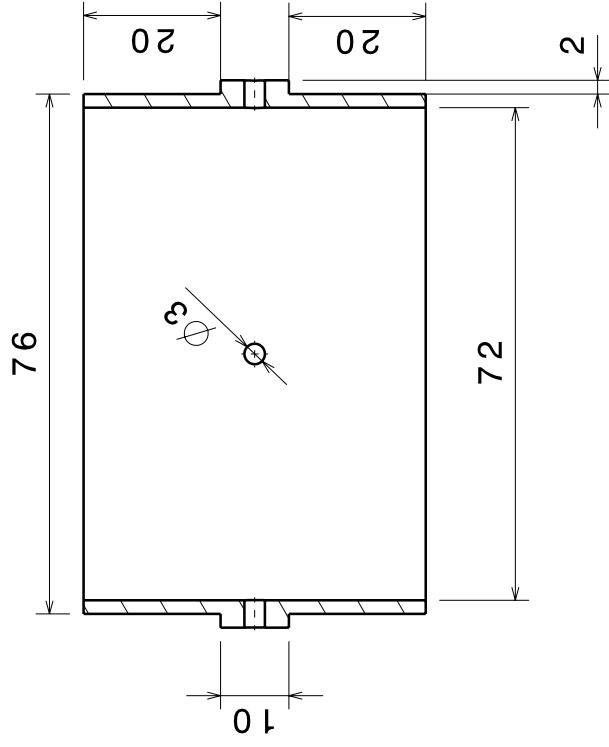
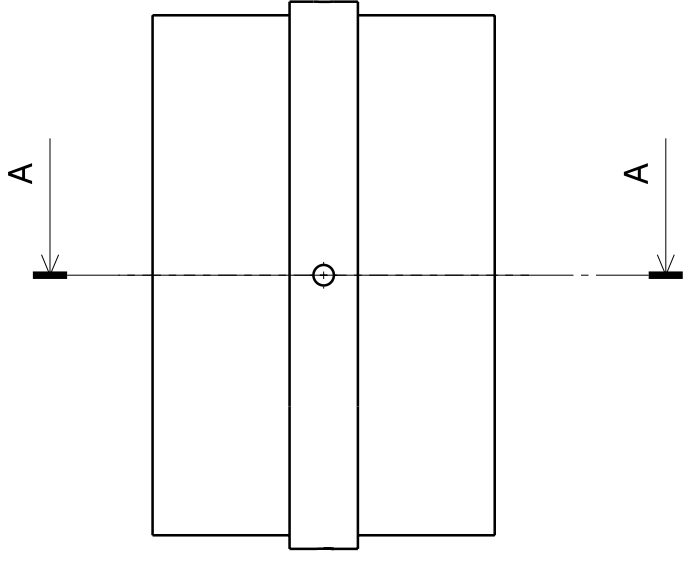
Bague Poussee



Bague Ailerons

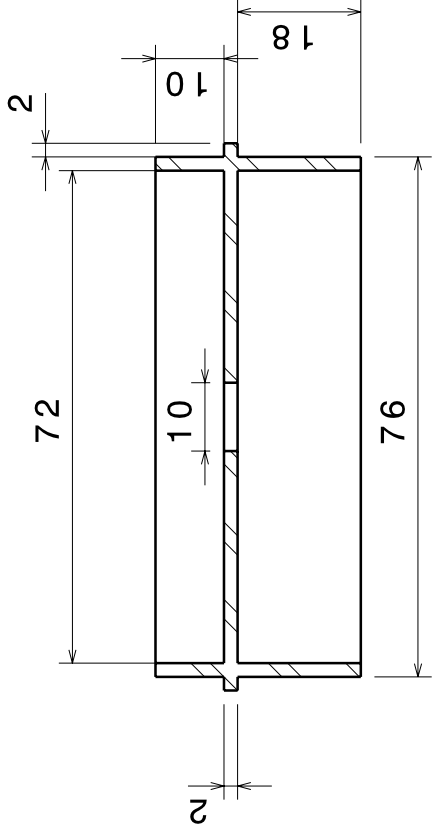
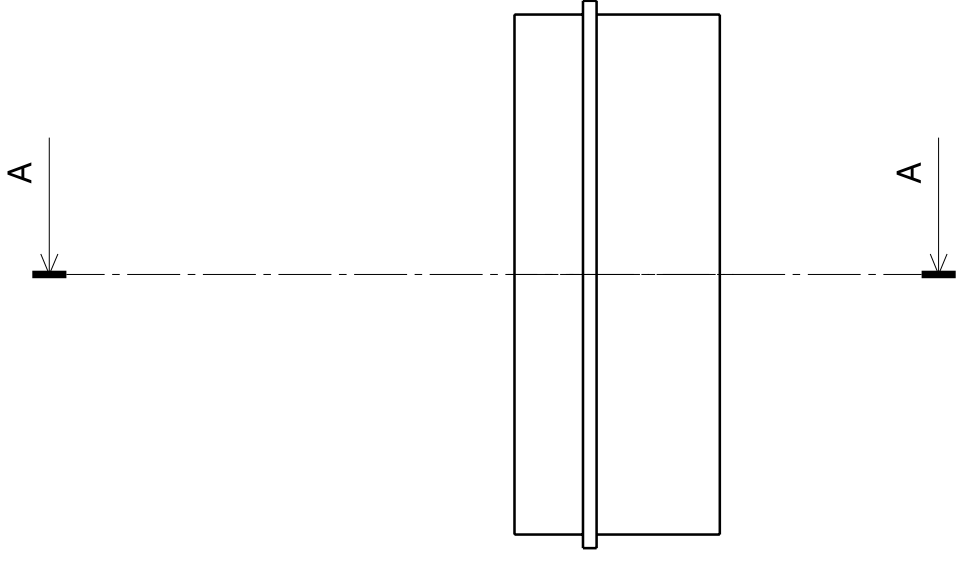


Assemblage Poussee



Bague Pression

Bague Verin



Retour d'expérience

Commentaire

Cette partie fut rédigée après le vol nominal, de la fusée. Il a pour but de tirer un bilan de ce projet, en expliquant ce qui a et ce qui n'a pas fonctionné. Il renseigne sur ce qui aurait pu être amélioré, et donne aussi quelques astuces, qui pourront peut être servir au futurs membres de l'ESO. En effet, cette fusée étant notre dernière, au sein de l'association du moins, il est important de transmettre les expériences de chacun, car certaines choses ne peuvent se trouver dans les livres.....

En espérant que ce document puisse vous aider dans la réalisation de vos projets futurs...

Retour d'expérience : Dimensionnement de la toile de parapluie

Lors de la descente sous « parapluie » de la fusée, nous avons constaté que celle-ci à considérablement tourner, ce qui ne lui a pas permis de descendre verticalement, comme nous le souhaitions initialement.

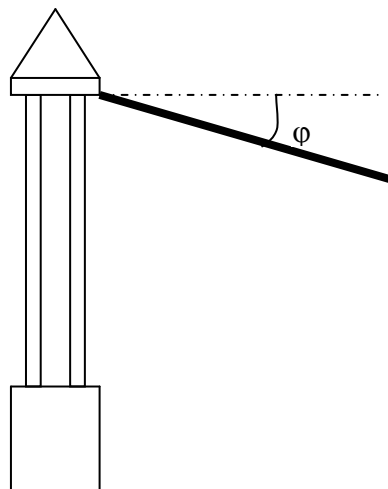
Si ce comportement n'a pas eu de conséquences graves, la fusée ne s'étant pas refermé durant la descente grâce à l'action du ressort de traction, cela a néanmoins contribué à augmenter la vitesse de descente de la fusée, et donc la violence de l'impact au sol. Cela n'a certes pas trop détérioré notre projet, mais ce phénomène devrait néanmoins pouvoir être corrigé assez facilement.

1^{er} point : La dimension de la toile

Le premier point à revoir concerne la taille de la toile de parapluie. En effet, afin d'éviter un impact trop violent à l'atterrissage, il est conseillé de réduire la vitesse de descente de la fusée, ce qui revient donc à augmenter la taille de la toile.

La vitesse de descente autorisée devant être comprise entre 5 et 15 m/s, une vitesse autour de 7 ou 8 m/s semble adéquat à ce type de projet (histoire de toujours garder une petite marge de sécurité par rapport aux limites imposées).

Par ailleurs, le profil de la toile en position ouverte est le suivant :



Pensez donc à prendre en compte l'effet de l'angle ϕ , qui a donc tendance à réduire la surface utile de votre toile !

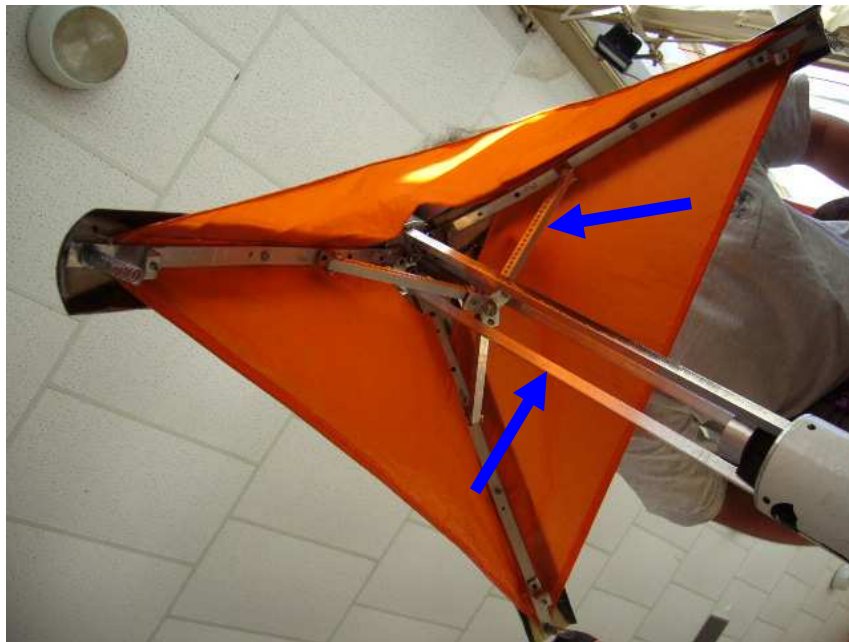
2^{ème} point : La dimension de la cheminée

Comme nous l'avons souligné précédemment, la fusée à eu tendance à tourner autour d'elle-même durant la descente. Cela démontre une mauvaise circulation de l'air au niveau de la toile. En effet, si votre cheminée est trop petite, l'air emprisonné sous votre toile ne parvient pas à s'écouler, ce qui conduit à retourner votre fusée. Ainsi, pour éviter ce problème, prévoyez dès la conception la taille de votre cheminée. Ce document ne vous explique pas comment la dimensionner, pour la simple raison que nous n'avons pas la solution. Alors, à vous de trouver !!!

Retour d'expérience : Masse de la fusée

Généralement, le problème de masse est assez peu fréquent en minif. En effet, la plupart ont une architecture relativement « légère », ce qui ne pose donc pas de souci pour les vitesses en sorties de rampe. Cependant, l'architecture « parapluie » est une exception. En effet, l'objectif de Mary Poppins étant de valider un mécanisme d'ouverture fiable pour ce type de fusée, certaines structures ont été surdimensionnées, ce qui a conduit au final à une fusée de ...2,7 kg !

Les structures en questions concernent essentiellement les treillis et les bielles, qui permettent à la fusée de tenir d'un seul tenant, et qui assurent l'ouverture de la toile.



Les profilés choisis étaient identiques dans les deux cas : aluminium 10*10 plein. Ces derniers ont les avantages suivants :

- Grande résistance
- Diamètre suffisant pour pouvoir visser en extrémité des vis M5, permettant de retenir la fusée en traction et d'accepter les tests de flèche.

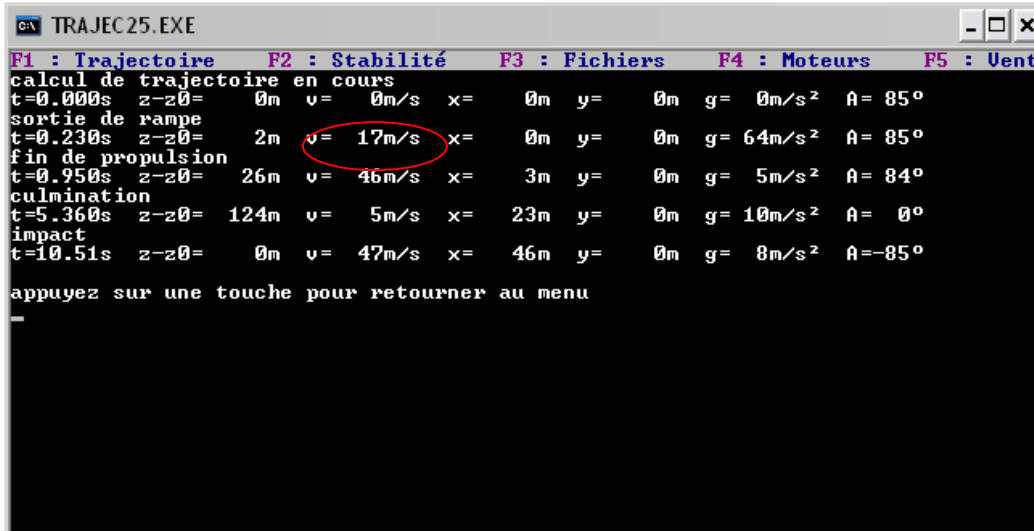
Malheureusement, le GROS point noir de ces treillis est leur masse. Pour en connaître l'influence sur la masse totale de votre fusée, nous vous laissons le soin de les peser....et de voir le résultat.

Etant limite en masse, nous les avons percés pour les bielles, comme le montre la photo, mais une solution plus efficace consistera en le choix de profilé identique, mais creux ! Il vous suffirait alors de mettre juste deux embouts à chaque extrémité (rentrés en force), dans lesquels vous pourrez venir placer vos vis de fixation.

ATTENTION : Ceci n'est qu'une idée, une suggestion. Vérifiez au préalable, en particulier si vous souhaitez adopter ce système sur Fusex, que les structures supporteront les efforts requis !

Retour d'expérience : Vitesse en sortie de rampe

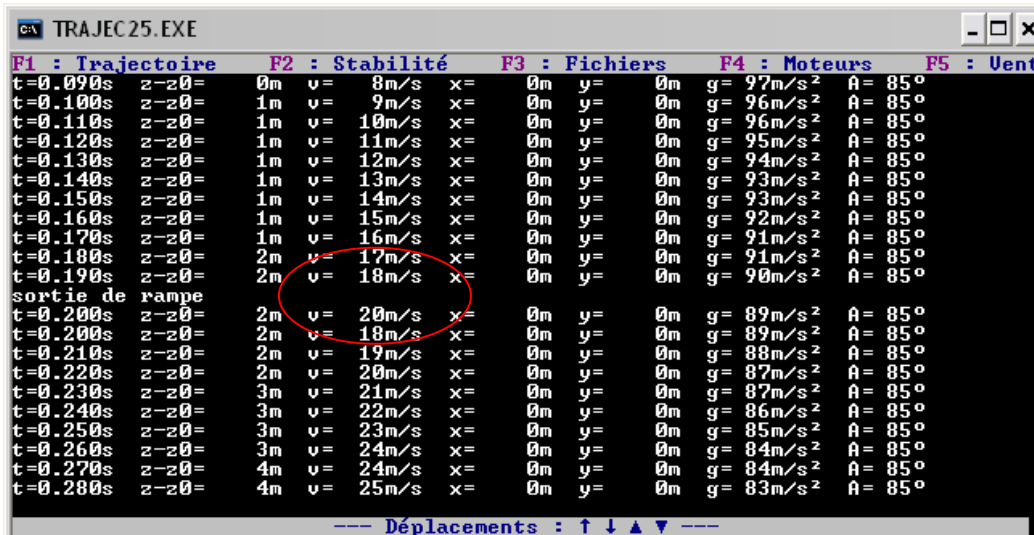
La vitesse en sortie de rampe pour une minif doit être d'au moins 18 m/s ! Hors parfois cette condition ne semble pas être respecté dans le cas de certaines minif !



```
TRAJEC25.EXE
F1 : Trajectoire  F2 : Stabilité  F3 : Fichiers  F4 : Moteurs  F5 : Uent
calcul de trajectoire en cours
t=0.000s  z-z0= 0m  v= 0m/s  x= 0m  y= 0m  g= 0m/s²  A= 85°
sortie de rampe
t=0.230s  z-z0= 2m  v= 17m/s  x= 0m  y= 0m  g= 64m/s²  A= 85°
fin de propulsion
t=0.950s  z-z0= 26m  v= 46m/s  x= 3m  y= 0m  g= 5m/s²  A= 84°
culmination
t=5.360s  z-z0= 124m  v= 5m/s  x= 23m  y= 0m  g= 10m/s²  A= 0°
impact
t=10.51s  z-z0= 0m  v= 47m/s  x= 46m  y= 0m  g= 8m/s²  A=-85°
appuyez sur une touche pour retourner au menu
-
```

Comme dit au dessus, le cas de minif trop lourde ne se présente que très rarement, mais on ne sait jamais....Alors voici une astuce qui peut vous permettre de contourner le problème, en particulier pour la visite de qualification de votre fusée.

Trajec possède deux algorithmes de calculs pour les vitesses. Un moyen de le constater est d'appuyer sur la touche M de votre clavier lorsque vous êtes sous Trajec, afin d'éditer un fichier de résultat ! Vous obtenez alors la l'écran ci-dessous :



```
TRAJEC25.EXE
F1 : Trajectoire  F2 : Stabilité  F3 : Fichiers  F4 : Moteurs  F5 : Uent
t=0.090s  z-z0= 0m  v= 8m/s  x= 0m  y= 0m  g= 97m/s²  A= 85°
t=0.100s  z-z0= 1m  v= 9m/s  x= 0m  y= 0m  g= 96m/s²  A= 85°
t=0.110s  z-z0= 1m  v= 10m/s  x= 0m  y= 0m  g= 96m/s²  A= 85°
t=0.120s  z-z0= 1m  v= 11m/s  x= 0m  y= 0m  g= 95m/s²  A= 85°
t=0.130s  z-z0= 1m  v= 12m/s  x= 0m  y= 0m  g= 94m/s²  A= 85°
t=0.140s  z-z0= 1m  v= 13m/s  x= 0m  y= 0m  g= 93m/s²  A= 85°
t=0.150s  z-z0= 1m  v= 14m/s  x= 0m  y= 0m  g= 93m/s²  A= 85°
t=0.160s  z-z0= 1m  v= 15m/s  x= 0m  y= 0m  g= 92m/s²  A= 85°
t=0.170s  z-z0= 1m  v= 16m/s  x= 0m  y= 0m  g= 91m/s²  A= 85°
t=0.180s  z-z0= 2m  v= 17m/s  x= 0m  y= 0m  g= 91m/s²  A= 85°
t=0.190s  z-z0= 2m  v= 18m/s  x= 0m  y= 0m  g= 90m/s²  A= 85°
sortie de rampe
t=0.200s  z-z0= 2m  v= 20m/s  x= 0m  y= 0m  g= 89m/s²  A= 85°
t=0.200s  z-z0= 2m  v= 18m/s  x= 0m  y= 0m  g= 89m/s²  A= 85°
t=0.210s  z-z0= 2m  v= 19m/s  x= 0m  y= 0m  g= 88m/s²  A= 85°
t=0.220s  z-z0= 2m  v= 20m/s  x= 0m  y= 0m  g= 87m/s²  A= 85°
t=0.230s  z-z0= 3m  v= 21m/s  x= 0m  y= 0m  g= 87m/s²  A= 85°
t=0.240s  z-z0= 3m  v= 22m/s  x= 0m  y= 0m  g= 86m/s²  A= 85°
t=0.250s  z-z0= 3m  v= 23m/s  x= 0m  y= 0m  g= 85m/s²  A= 85°
t=0.260s  z-z0= 3m  v= 24m/s  x= 0m  y= 0m  g= 84m/s²  A= 85°
t=0.270s  z-z0= 4m  v= 24m/s  x= 0m  y= 0m  g= 84m/s²  A= 85°
t=0.280s  z-z0= 4m  v= 25m/s  x= 0m  y= 0m  g= 83m/s²  A= 85°
--- Déplacements : ↑ ↓ ▲ ▼ ---
```

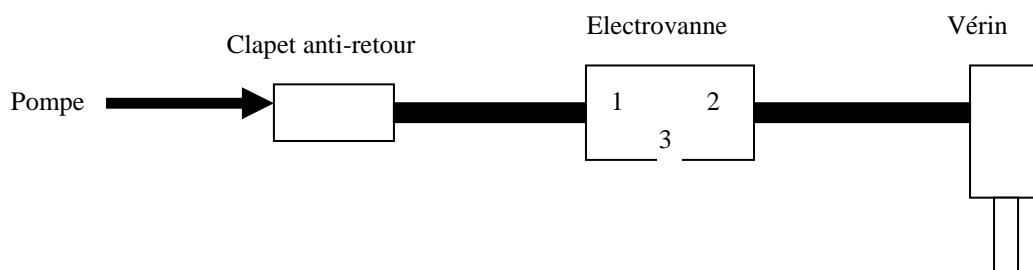
Avec le second algorithme, ça passe ! Comme en plus la règle définissant le « pourquoi » du 18 m/s est assez flou, en avançant ces deux arguments, vous passerez sans trop de difficultés le test de trajectographie.

Retour d'expérience : Problème d'électrovanne

Le système déclencheur sous Mary Poppins est un système pneumatique, utilisant un vérin associé à une électrovanne. Lors de notre arrivée à la campagne de lancement, nous avons eu la désagréable surprise de nous apercevoir que notre électrovanne ne fonctionnait plus. En effet, s'il était possible de gonfler le vérin, il était néanmoins devenu impossible de le vider lorsque l'on commande l'ouverture électrique de l'électrovanne.

Il faut savoir que l'électrovanne utilisée sous Mary Poppins était alimentée en 12V, et fournie par Parker, qui avait décidé quelques mois auparavant d'en arrêter la production. Cette électrovanne était donc la dernière, et il était impossible de la changer, les autres étant toutes alors alimentées en 24V.

Le montage « classique » d'un système pneumatique vérin – électrovanne est le suivant :

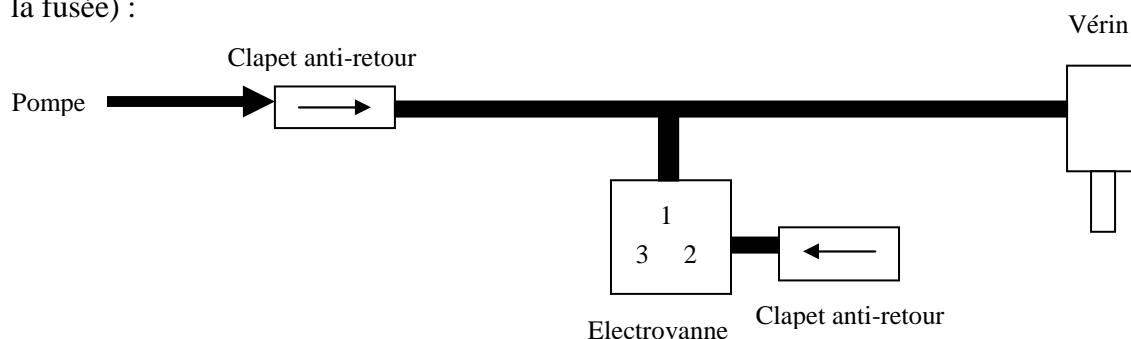


NB : L'ordre des numéros sur l'électrovanne peut changer en fonction des montages. Néanmoins, cela ne change rien au principe.

Dans notre cas, nous avons dit que nous pouvions gonfler le vérin, mais pas le vider. Cela signifie que le chemin 1-2 fonctionne, mais que lorsque l'on commande l'ouverture, le chemin 2-3 ne répond pas. Après plusieurs combinaisons de tests, nous nous sommes aperçus qu'en fait, lors de l'activation de l'électrovanne, le chemin 1-3 fonctionnait ! Par conséquent, nous étions dans la situation suivante :

- Lors du gonflage du vérin, l'air devait circuler en 1-2
- Lors du vidage du vérin, l'air devait circuler en 1-3

La solution adoptée afin de résoudre le problème fut donc la suivante (montage observable sur la fusée) :



Par conséquent, si un jour votre électrovanne vous lâche, et que vous ne pouvez pas la changer, vérifiez si certains modes fonctionnent, et adaptez vous. Le but n'est pas que le montage soit comme il devrait l'être, l'essentiel est que ça marche !

Retour d'expérience : Détection d'apogée

Mary Poppins avait aussi pour but de valider le principe de détection d'apogée (complètement analogique) qui avait été mis au point sur la fusée Altaïr avec l'aide de M. Jambon notre cher professeur de TP élec. Sur Altaïr il n'avait finalement pas pu être testé puisque lors des contrôles effectués par Planète Sciences sur la campagne, le contrôleur n'ayant pas compris le fonctionnement de notre capteur de pression, il lui avait injecté 2 bars, alors que notre pauvre capteur ne pouvait en accepter que un seul. Ceci avait amorcé le décollement de la membrane présente à l'intérieur du capteur. Ainsi le capteur avait pu répondre correctement lors du contrôle mais avait progressivement fini de se détacher dans les heures qui suivirent et nous savions pertinemment au moment de la lancer que la détection d'apogée ne fonctionnerait pas. Bref, tout ça pour dire qu'il ne faut pas hésiter à contredire des contrôleurs. C'est votre fusée, c'est vous qui savez comment elle doit réagir... Ne laissez pas les contrôleurs faire les tests à votre place. C'est vous qui devez les faire. Le contrôleur ne doit que observer le résultat. Si vous avez le moindre doute sur ce que votre capteur doit prendre en entrée, n'hésitez pas à faire stopper les contrôles le temps d'être sûr. Et ceci même si c'est votre première fusée et que vous n'êtes pas très sûr de vous...

Mais revenons à Mary Poppins. Cette fois-ci le capteur fonctionnait très bien au moment du vol mais malheureusement la détection d'apogée n'a pas fonctionné. Pour des raisons de temps, de place et de poids nous n'avons pu enregistrer les données du capteur de pression. Nous ne pourrions donc jamais savoir réellement pourquoi ça n'a pas marché.

Plusieurs hypothèses nous viennent à l'esprit.

- Peut-être que comme la fusée n'a pas été très haut, la différence de pression n'était pas tout à fait assez grande pour la résolution du capteur (malgré un conditionnement adapté).
- Peut-être que le temps de réaction du système, changement d'état du condensateur (récepteur / générateur), ne s'est pas passé assez vite et que du coup le fenêtrage était dépassé.
- Peut-être que l'air au niveau la prise de pression de statique n'avait pas le temps de se stabiliser créant des tourbillons et donnant des pressions aberrantes. Sur Mary Poppins les prises de pression étaient situées juste en dessous des coques du parapluie qui ne collaient pas parfaitement au corps de la fusée. La cohérence de la prise de pression statique avait pu être vérifiée sur Altaïr grâce au capteur différentiel qui avait mesuré une pression dynamique correcte. Mais sur Altaïr, le corps de la fusée était bien uniforme...
- Peut-être que tout simplement, toute cette belle théorie ne s'applique pas au cas de nos fusées qui ont des vitesses très lentes au moment de l'apogée et que donc la pression, directement liée à l'altitude, évolue trop peu pour pouvoir être exploitée...

A vous donc de trouver la réponse, soit en reprenant ce principe avec des données numériques à la clé, soit en utilisant ce capteur mais en remplaçant le montage du condensateur par un pic qui réagirait plus vite, soit avec un autre capteur qui aurait une meilleure résolution, soit en imaginant une autre façon de détecter l'apogée...

Il faut bien que vous cherchiez un peu tout de même... Si les réponses étaient déjà toutes trouvées, ça n'aurait plus aucun intérêt de le mettre dans la fusée :o)

Retour d'expérience : Conclusion

Le Projet Mary Poppins s'est conclu par un vol nominal le mardi 31 juillet au environ de 16h30. L'objectif de cette minif étant de valider un système d'ouverture de type « parapluie », nous pouvons donc conclure que les objectifs fixés ont été atteints. En effet, le comportement de la fusée lors du vol, ainsi que durant toutes les phases de tests a montré que le système adopté est tout à fait fiable et adaptable à un projet fusex, après un re-dimensionnement adéquat de certaines parties.

