



SÉQUENCEUR DE VOL ANALOGIQUE V2.0

(Simple alimentation 12V)

*Club Espace Édouard Branly
Châtellerault*

Le séquenceur de vol suivant offre une solution simple aux équipes éprouvant des difficultés à répondre aux exigences du cahier des charges.

Câblage (voir annexe)

Le connecteur JACK DEP NF est relié à un contact qui doit être normalement fermé lorsque la fiche jack mâle est insérée.

Le connecteur JACK M/A est relié à un contact qui doit être normalement fermé lorsque la fiche jack mâle est insérée.

Le connecteur ALIM 12V est connecté à une pile ou un accumulateur 12V .

Le connecteur ELECTRO AIMANT PERMANENT doit être relié à un électroaimant permanent 12V.

Le choix de la capacité de votre pile dépend essentiellement de la consommation de l'électroaimant. Le séquenceur consomme 120 μ A à l'arrêt ! Et oui il consomme lorsque la jack M/A est insérée. Si votre pile à une capacité de 1Ah le séquenceur à l'arrêt en viendra à bout en 8300 heures , soit un peu moins d'un an !

En position marche (jack M/A retirée) le séquenceur consomme 16,4 mA ; en vol 23mA et 520 mA lorsque notre électroaimant est actionné.

Fonctionnement

Position de transport et stockage : JACK M/A et Jack DEP en place

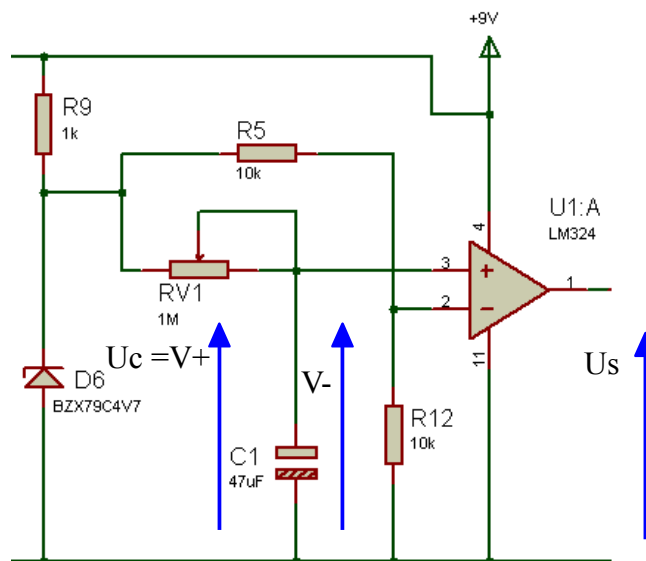
Fusée en rampe : JACK M/A et Jack DEP en place – fil d'accrochage de Jack DEP fixé à la rampe

Sur consigne de mise en marche du responsable du tir JACK M/A enlevée – Jack DEP en place et fixée à la rampe

La fusée est prête au départ.



La suite des événements ...



La tension de sortie de l'amplificateur opérationnel (AOP) ; notée U_s peut prendre deux valeurs :

12V si V_+ est supérieure V_- ou **0V** si V_+ est inférieure à V_- . V_+ et V_- sont respectivement les tensions ou différences de potentiels (ddp) des entrées + et – de l'AOP .

V_- est constante car c'est la moitié de la ddp aux bornes d'une diode Zener. Ce composant maintient constante la tension à ses bornes ; ici 4,7V ; $V_- = 2,35V$

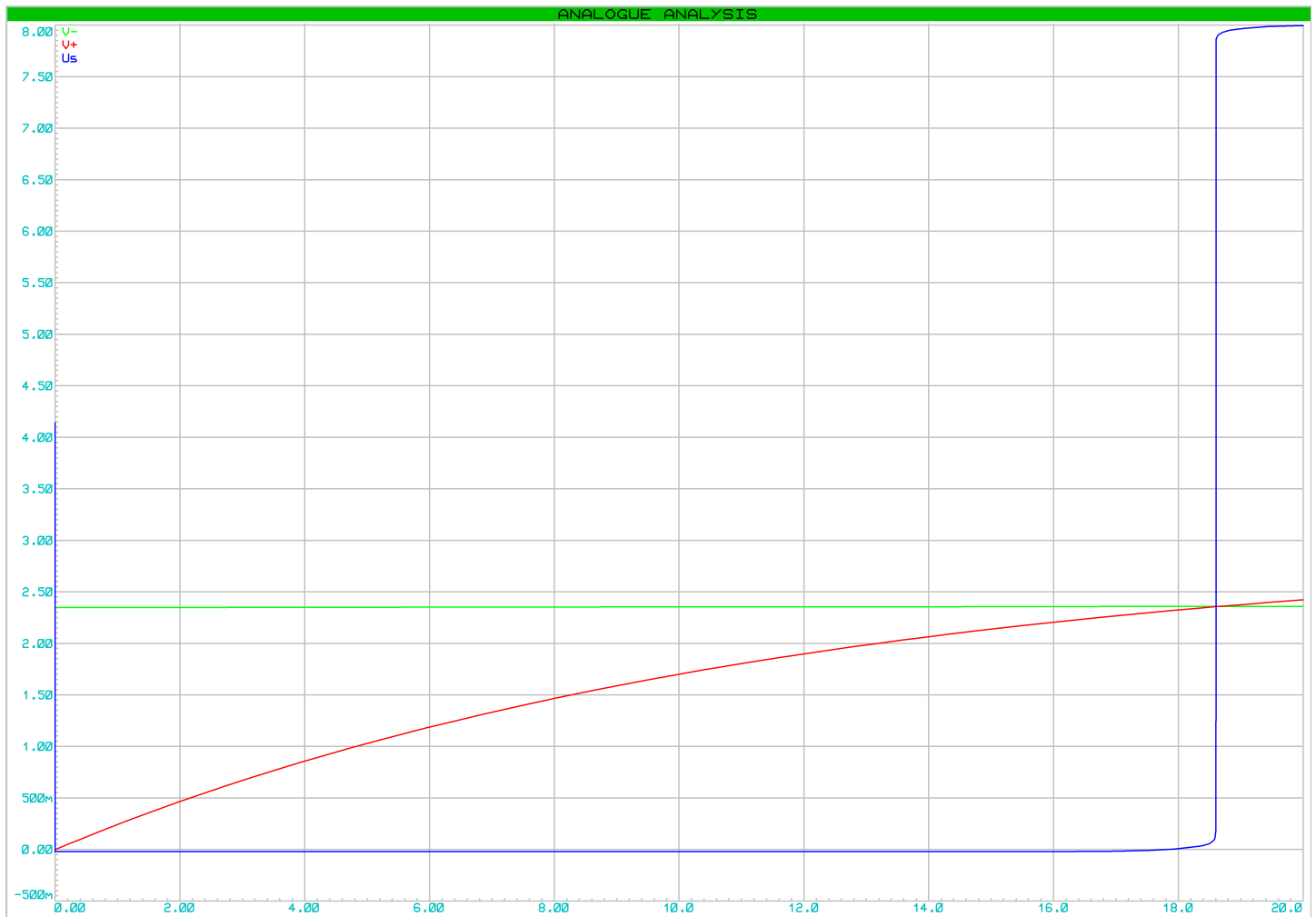
V_+ est la ddp aux bornes de C1 ; et pour le moment (jack DEP en place) cette tension est nulle car jack DEP (non représentée) place C1 en court circuit.

V_+ étant inférieure à V_- ; la tension de sortie vaut 0V ou presque et l'actionneur n'est pas alimenté.

JACK DEP arrachée par le départ de la fusée



Le condensateur C1 de 47 μF (micro Farads) se charge à travers RV1 (max 1M Ω) et la ddp U_c à ses bornes augmente. Ça nous donne ça !



On ne s'enfuit pas en courant ; tout va bien.

Le tracé vert c'est $V_- = 2,35V$; c'est une constante c'est facile.

Le tracé bleu c'est la sortie U_s ; on y revient juste après. Donc le tracé rouge c'est ?... c'est ? Ben c'est U_c ou V_+ (c'est la même) !

U_c augmente car C se charge à travers $RV1$. Cette charge est exponentielle : $U_c = 4,7(1 - e^{-\frac{t}{RV1 \times C1}})$
 « 4,7 », c'est la tension d'alimentation du circuit RC et t le temps en seconde.

Tant que U_c est inférieure à $2,35V$; la tension de sortie est nulle et l'actionneur n'est pas alimenté. Dès que U_c est supérieure à $2,35V$ la tension de sortie est de $11V$ (le graphe indique $8V$ mais c'est pas grave) et l'actionneur est alimenté. Pourquoi $11V$? Parce que l'AOP, ici un LM324 (pas cher et répandu), n'est pas capable de fournir en sortie une tension égale à ses alimentations. Certains AOP sont capables d'accepter en entrée et de fournir en sortie des valeurs max atteignant leur tensions d'alimentation ; on dit que se sont des AOP « rail to rail ».

Sur le graphe la bascule se fait un peu avant 15 secondes ; c'est la valeur pour $RV1$ réglée à la moitié de sa course ($500k\Omega$).

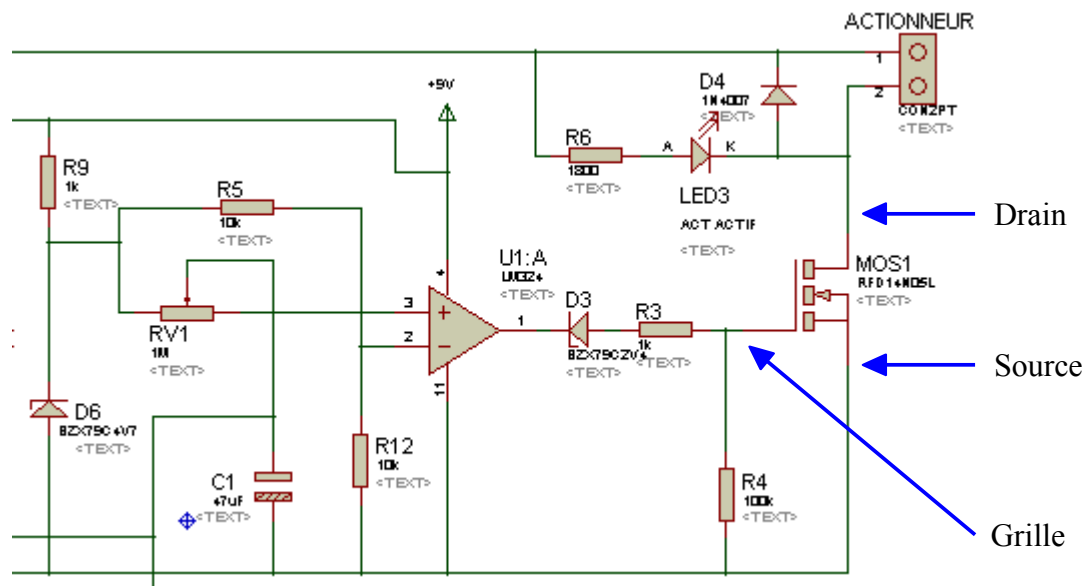
Il peut être avantageux de placer une résistance fixe (non variable) à la place de $RV1$. Le calcul de $RV1$ est le suivant :

$$R_{VI} = \frac{-t}{C_1 \cdot \ln(1 - \frac{U_c}{4,7})}$$

Pour $U_c = 2,35V$; $t = 15\text{sec}$; $C1 = 47 \mu F$ on obtient $R = 460k\Omega$

Calcul de la durée de temporisation $t = -R_{V1} \cdot 47 \cdot 10^{-6} \cdot \ln\left(1 - \frac{2,35}{4,7}\right)$:

L'étage de sortie



Lorsque la tension de sortie est nulle le MOSFET n'est pas commandé. D3 permet de lutter contre de faibles variations autour du 0V, R3 évite (amortit) les oscillations du circuit RC composé de la résistance des fils et de la grille du MOSFET lorsque ce dernier est commandé et qu'un fort courant drain source s'installe dans le MOSFET ; enfin R4 est un PULL DOWN ou rappel de tension nulle qui nous assure que la grille du MOSFET est toujours soumise à un potentiel nul en l'absence de tension de sortie de l'AOP et ce quelle qu'en soit la raison.

D4 est une diode de roue libre ; elle permet à l'énergie stockée dans la bobine de votre actionneur de se dissiper sans risque pour le MOSFET.

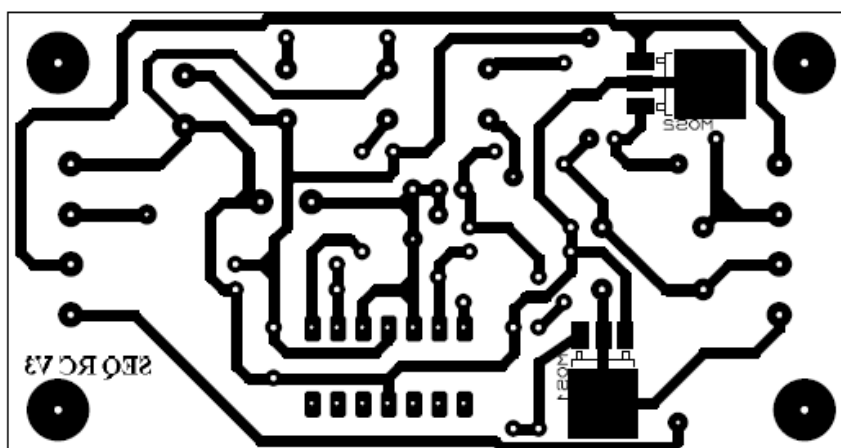
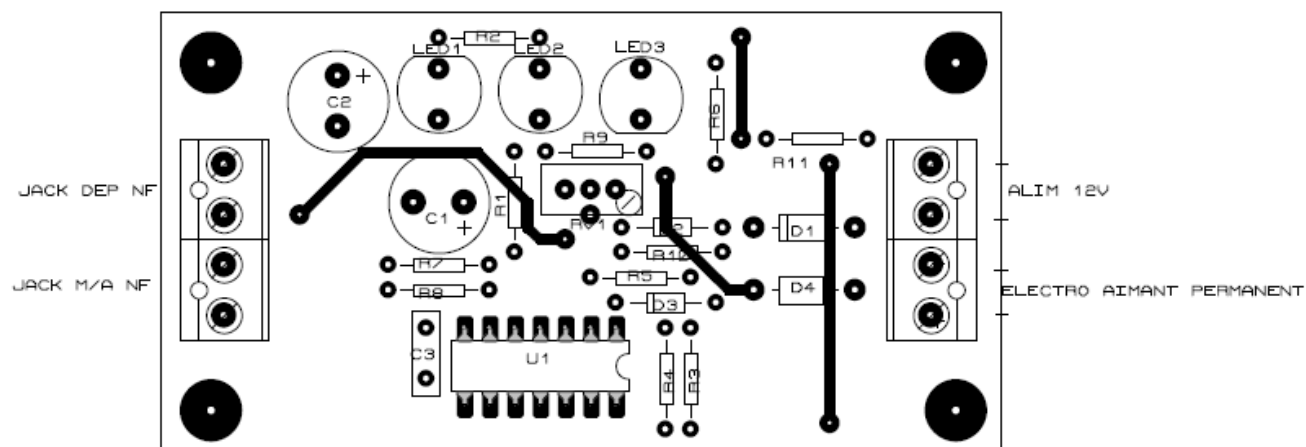
Finalement LED3 génère le signal lumineux informant que l'actionneur est actif (voir cahier des charges).

Dans ce registre ; LED1 informe que le séquenceur est actif alors que LED2 informe que la fusée a décollé.

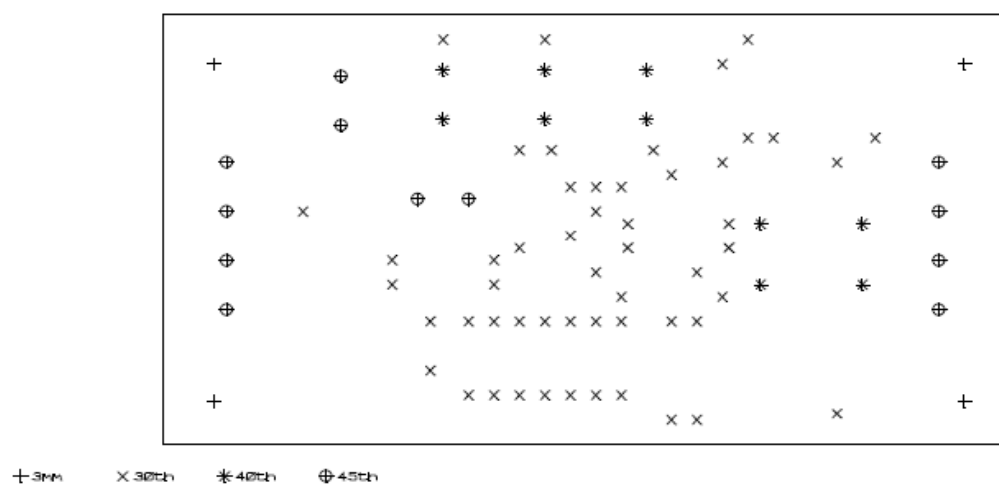
Ces trois informations sont des exigences du cahier des charges.

Pour toutes informations complémentaires, contacter le responsable du club.
frederic.douguet@ac-poitiers.fr

Circuit imprimé et implantation



Plan de perçage



Vous trouverez les masques recto verso du circuit imprimé en téléchargement au format pdf sur la [page planète science du séquenceur RC \(V2\)](#)

Liste des composants

11 Resistors

<u>Quantity:</u>	<u>References</u>	<u>Value</u>
6	R1-R3, R6, R8, R9	1k
2	R4, R11	100k
2	R5, R10	10k
1	R7	1M

3 Capacitors

<u>Quantity:</u>	<u>References</u>	<u>Value</u>
1	C1	47uF
1	C2	470uF
1	C3	100nF

1 Integrated Circuits

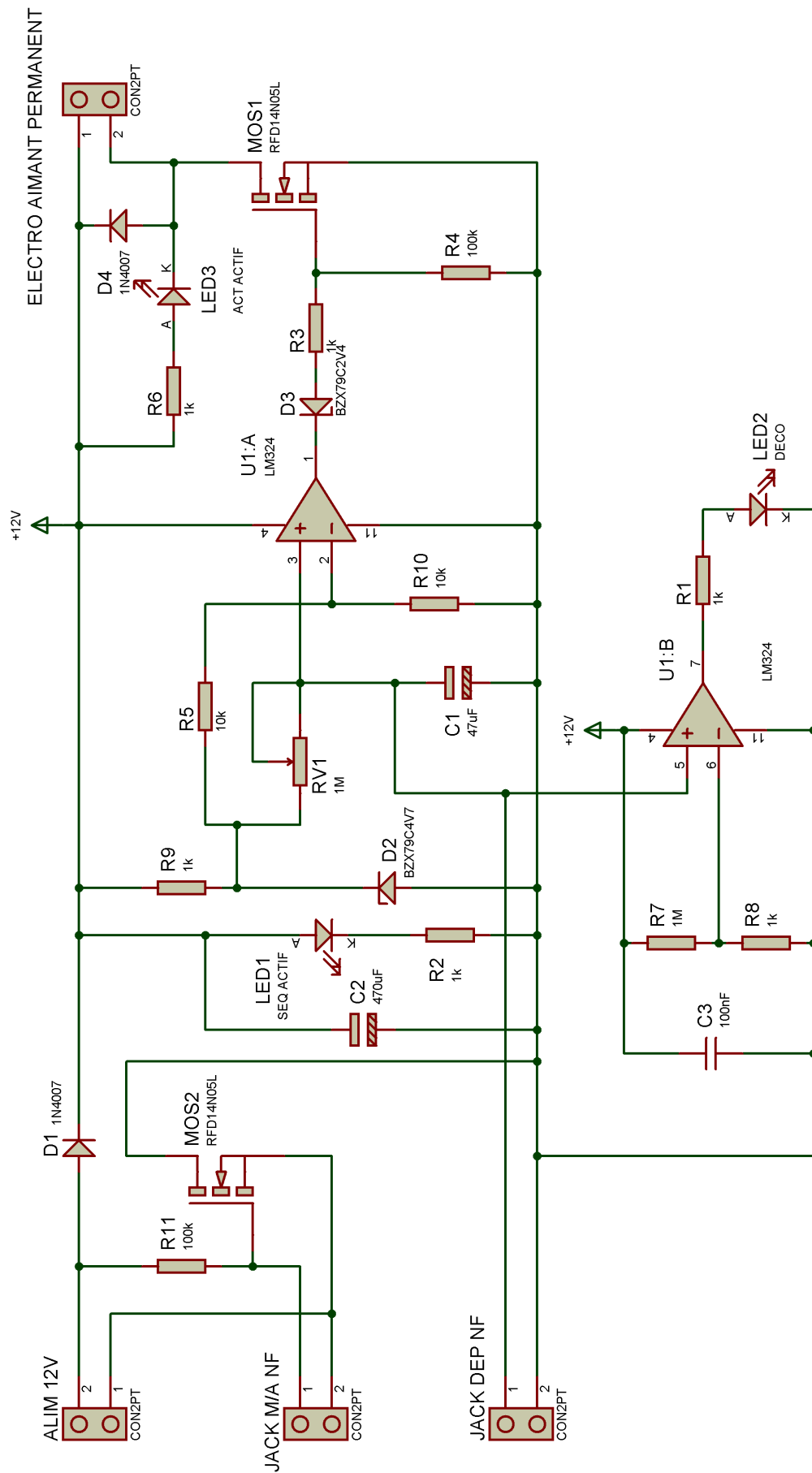
<u>Quantity:</u>	<u>References</u>	<u>Value</u>
1	U1	LM324

4 Diodes

<u>Quantity:</u>	<u>References</u>	<u>Value</u>
2	D1, D4	1N4007
1	D2	BZX79C4V7
1	D3	BZX79C2V4

10 Miscellaneous

<u>Quantity:</u>	<u>References</u>	<u>Value</u>
4	ALIM 12V, ELECTRO AIMANT PERMANENT, JACK DEP NF, JACK M/A NF	CON2PT
1	LED1	SEQ ACTIF
1	LED2	DECO
1	LED3	ACT ACTIF
2	MOS1, MOS2	RFD14N05L
1	RV1	1M



SEQUEUR ANALOGIQUE DE VOL

TEMPORISATION DE 0 A 25 SEC

V2.0 10/01/2014

PLANETE SCIENCES

Club Espace Edouard Branly