

# Atelier Logidules au 50e

## Introduction

On peut tout faire avec des 0 et des 1, C'est plus pratique pour nous d'utiliser les chiffres de 0 à 9, mais pour une machine, 2 états, (mécaniques, hydrauliques, optiques, électriques), rien n'est plus simple et plus fiable.

Les Logidules, comme tous les PC, tablettes et autres, ne connaissent que deux états : **0** et **1**, correspondant pour les logidules à ~0V et ~5V. Un interrupteur, un poussoir, un oscillateur génèrent ces deux états. Une LED les affiche : état **0** - éteint, état **1** - allumé.

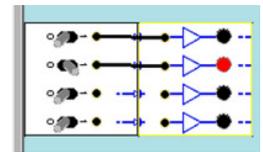
## Découverte des Logidules

### Expérience 1 inter4 vers led4

On a un interrupteur à 2 positions; la broche de sortie a 2 états, une LED éteinte/allumée selon l'état de la broche d'entrée.

Le triangle bleu représente l'ampli qui commande la Led.

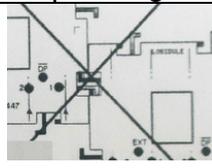
Le câblage entre les deux logidules se fait ici par les contacts latéraux. On peut mettre des fils, mais pas en travers!



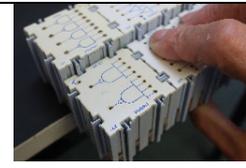
Est-ce que l'on pourrait mettre entre un interrupteur et une LED un circuit qui fait que la LED clignote 4 fois quand on bouge l'interrupteur ? Oui; c'est un circuit logique qui peut prendre beaucoup de formes : automate programmable, Arduino, tablette. Ce sont toujours des transistors qui font tout le travail ; ces transistors sont regroupés en modules logiques, comme les briques LEGO qui permettent toutes sortes de constructions.

Avec les Logidules, il y a quelques règles à respecter:

Les Logidules ont toujours un coin commun Autrement, le + d'une boîte est lié au - de l'autre -> court-circuit



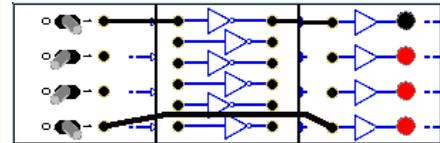
Ne pas forcer pour séparer des logidules, utiliser un bord de table.



### Expérience 2 Inverseur

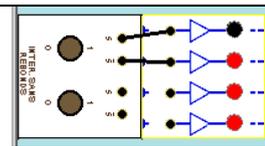
Le module le plus simple est un inverseur. Si on lui donne un 1, il transmet un zéro, et inversement. La pointe du triangle est la sortie, à câbler vers une entrée LED.

On voit bien la différence si on met un fil direct pour comparer. Que se passe-t-il si on a 2 inverseurs qui se suivent ? A câbler.



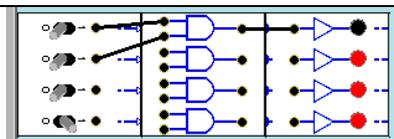
### Expérience 3 Sortie directe et inversée

On a très souvent besoin d'utiliser le signal inversé. Sur les poussoirs, on voit des sorties notées S (direct) et S barre (inversé), noté /S (dans un texte, la barre tombe devant le lettre).



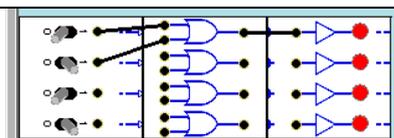
### Expérience 4 Porte AND

Câblons une porte ET (AND en anglais). Il faut que les deux interrupteurs soient à 1 (l'un ET l'autre) pour que la sortie soit à 1.

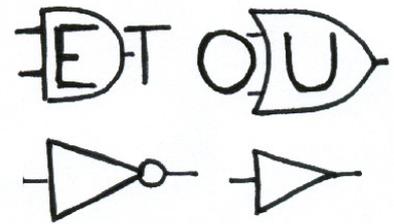


### Expérience 5 Porte OU

Câblons une porte OU (OR en anglais). Il suffit que l'un des interrupteurs soit à 1 (l'un OU l'autre) pour que la sortie soit à 1.

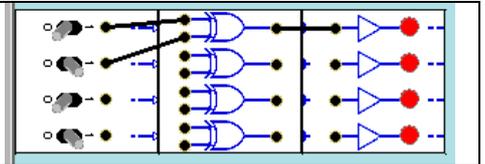


Avez-vous remarqué la forme des symboles sur les logidules?  
 Les symboles sur les logidules contiennent beaucoup d'information. Le ET et le OU ont une forme caractéristique facile à mémoriser. Dans l'inverseur, c'est le rond qui signifie "inversion". Le triangle veut dire répéteur (amplificateur).  
 Quand on verra un rond sur une entrée ou sortie, cela veut dire que le signal est inversé, actif à 0 et pas à 1.



**Expérience 6 XOR – OU exclusif**

Il y en a encore une porte à connaître. Câblons une porte XOR (ou exclusif). Il faut que un seul des interrupteurs soit à 1 (l'un ou l'autre, mais pas les deux).



Avez-vous remarqué? Les entrées qui ne sont pas connectées sont à l'état logique 1.

**Comparaison** (vous devez connaître un peu d'électricité)

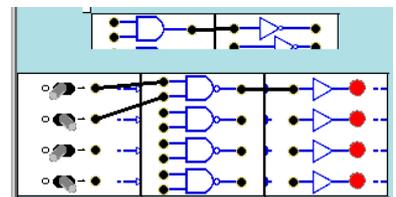
Français	Logique	Electricité
<b>Affirmation</b>		
<b>Négation</b>		
<b>Conjonction ET</b>		
<b>Conjonction OU</b>		
<b>Exclusion</b>		



**Expérience 6 Porte NAND**

Une "table de vérité" liste les cas possibles. Vérifiez pour le NAND et complétez pour les portes déjà vues.

B	A	S
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0



Dans le tableau : B et A sont les entrées et S est la sortie.

La porte NAND est très intéressante car elle est simple à réaliser avec des transistors et elle peut remplacer toutes les portes – vérifiez si vous avez de l'avance !

inv	and	or	xor

## Binaire et hexadécimal

Vous pouvez câbler d'abord le compteur, et lire ce haut de page ensuite.

On peut compter avec des 0 et des 1, que l'on appelle bits. Le 1 correspond à notre 9 décimal. Quand on arrive à 9, on passe à 10, à 99 on passe à 100.

En binaire, on compte 0 1 10 11 100 101 110 111 1000 etc

Les nombres binaires remplissent la mémoire de votre mobile, par mots de 32 bits.

Le mot binaire 01110010110010000011011110101000 est peut-être une partie de votre no de téléphone.

Pas très pratique à lire, quand on est le programmeur qui doit vérifier que tout est correct.

Pour compactifier, on fait des groupes de 4 et on remplace par les chiffres hexadécimaux:

0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
										(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)

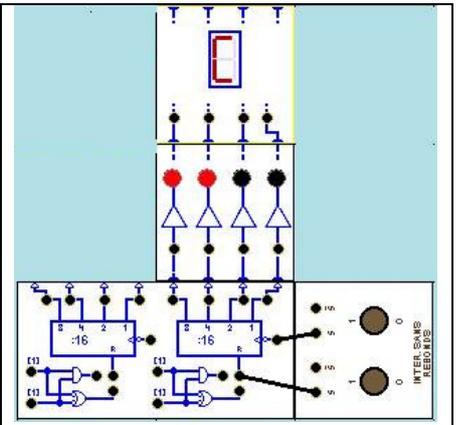
Le long mot binaire vu plus haut est alors facile à lire: **72C837A8**

## Compteur binaire

Un compteur, mécanique ou électronique, a une entrée pour les impulsions de comptage et une entrée pour la remise à zéro.

Câblons le double compteur binaire, mais on ne regarde que le premier compteur. Il a une entrée qui fait compter, notez le petit triangle. Il a une entrée R pour remettre à zéro. Les entrées Logidule sont actives à 1, donc si on ne met pas de fil, le compteur est bloqué. Il faut relier R à la sortie S de l'interrupteur et on pourra faire un reset quand on voudra.

L'entrée pour compter agit quand le signal passe de 1 à 0, quand on relâche le poussoir (si on a câblé sur la sortie S directe et pas /S inversé).



Le Logidule a des connexions automatiques pour piloter l'affichage, pas besoin de mettre des fils.

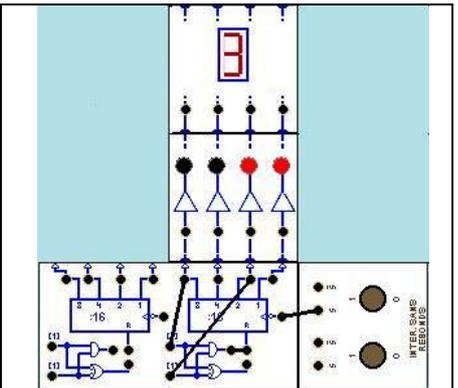
Comptez, observez l'affichage binaire et hexadécimal.

Relisez le haut de la page. C'est bien clair maintenant ?

## Compteur par 10

Le truc est simple : si le compteur dépasse 9, on le force à zéro. Après le 9 on a sur l'affichage A, 1010 en binaire. Les bits de poids 2 et 8 sont actifs ensemble pour la première fois. Avec une porte ET, on peut générer un reset qui ne va durer qu'un instant, (10-20 nanosecondes), puisque les bits de poids 2 et 8 sont immédiatement remis à zéro.

Facile à câbler ! La porte ET est prévue sur le logidule. Les sorties sont nommées 1 2 4 8 car c'est leur "poids". Le motif 1010 vaut donc 8+2=10. C'est ce qu'il faut câbler sur la porte ET qui commande le reset.



Une porte ET se trouve à l'intérieur du logidule pour faciliter le câblage. Vous pouvez très bien ajouter un logidule ET et câbler l'une de ses portes.

Avec ce câblage, on a perdu la possibilité de faire un reset avec le poussoir.

Si vous avez compris la logique des ET – OU, c'est facile:



La porte ET du logidule ne doit plus être câblée sur R, enlevez le fil. On veut un reset si on presse sur le bouton reset **OU** si on décode l'état 1010 avec la porte ET. Il faut donc ajouter un logidule et câbler un OU correctement. Le OU bizarre sur le logidule est prévu pour autre chose.

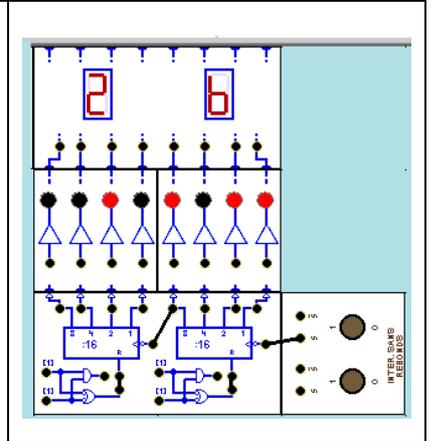
## Compteur par 256

Utilisons maintenant le compteur double avec deux affichages binaires et un affichage décimal.

La dernière sortie du 1<sup>er</sup> compteur est le signal qui doit faire avancer le 2<sup>e</sup> compteur.

Les sorties du compteur sont nommées 1 2 4 8 et correspondent à un "poids". Pour les "hexaïnes" les poids sont 1x16, 2x16, 4x16, 8x16. Ceci permet de convertir en décimal le nombre que l'on voit en binaire. Quelle est la valeur affichée?  $2 \times 16 + 8 + 2 + 1 = 43$ . Vérifiez.

A noter que pour que le compteur compte, il faut forcer R à zéro. La sortie de la porte OU bizarre est à zéro. C'est prévu pour mettre des fils courts ou un pont 5mm.



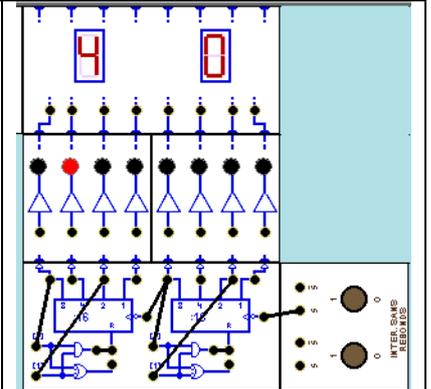
## Compteur par 100 et par 60

Reprenons le schéma du compteur par 10. Pour un compteur par 100, on cascade deux compteurs par 10.

Pour une horloge, il faut un compteur par 60. Le compteur par 6 ressemble au compteur par 10, il suffit de déplacer un fil.

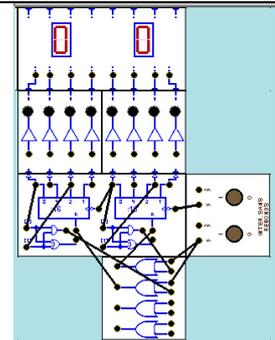
Mais le bit 8 reste à zéro; il faudra câbler le compteur suivant sur la sortie de poids 40, qui passe à zéro quand le compteur passe de 59 à zéro.

Le compteur par 24 pour les heures est un peu plus astucieux. Vous pouvez le câbler après l'atelier sur un poste "Réveille matin A".



Pour ajouter un bouton reset, il faut réfléchir comme avant, et s'adapter au fait qu'il y a des portes ET sur le logidule diviseur par 256.

A noter qu'il existe deux types de compteurs. Les compteurs dits synchrones demandent de réfléchir différemment.

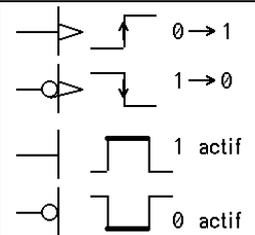


## Statique et dynamique

Il y a une grande différence entre le signal de comptage CP et le signal de remise à zéro R. CP est dynamique, il agit au front montant ou descendant sur une entrée repérée par un triangle. Un rond précise que c'est le front descendant qui agit.

R est statique, l'état 1 est actif s'il n'y a pas le rond d'inversion.

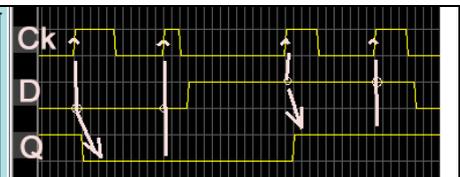
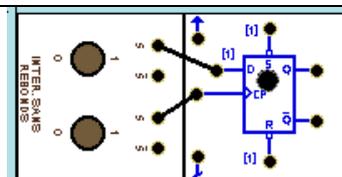
Ce langage graphique est essentiel pour traduire ce que l'on veut et l'adapter aux circuits que l'on a, par exemple en ajoutant un inverseur.



## Bascule bistable

Il nous faut un nouvel élément pour continuer à faire des choses intéressantes. Avec une bascule bistable, on peut se souvenir d'un évènement, d'une action, comme un nœud au mouchoir. Quel est votre truc pour ne pas oublier?

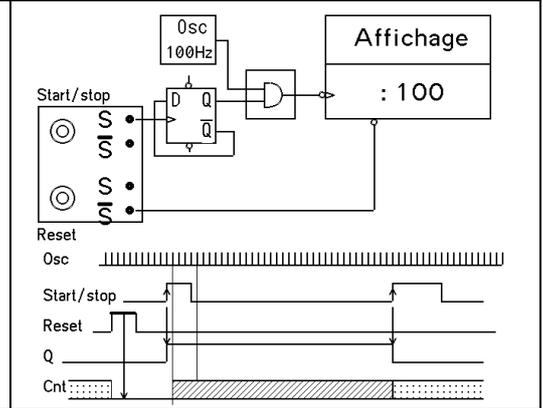
La bascule D a une entrée d'horloge CP (Ck), une entrée D qui est "échantillonnée" par une transition positive de CP; l'état de D est alors copié sur la sortie Q. Entre deux, D peut changer comme il veut.



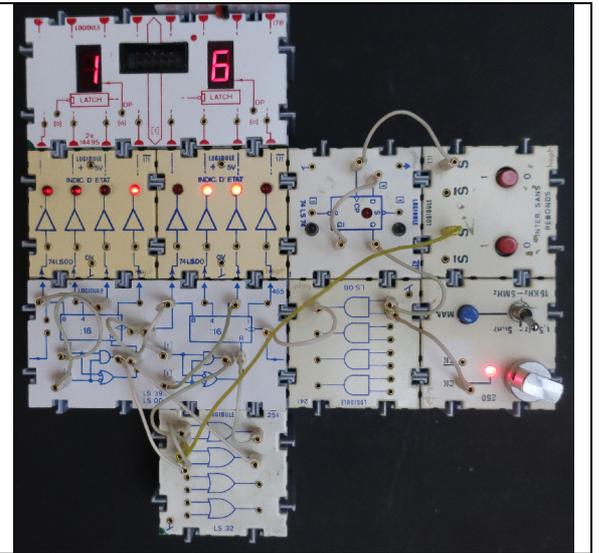
Il y a encore deux entrées statiques pour forcer l'état à un ou zéro. Ces entrées sont inversées ; il faut un zéro pour les activer ; par défaut ces entrées sont à 1, inactives, pas besoin de les câbler.

## Chronomètre

Pour faire un chronomètre au centième, il faut un oscillateur à 100 Hz et une bascule qui est à l'état 1 quand il faut compter. Une action sur le bouton démarre, une 2<sup>e</sup> action stoppe. Il faut donc un compteur par 2 que l'on fait avec une bascule D en reliant la sortie inversée à l'entrée. Donc, à chaque impulsion, l'état s'inverse. Un 2<sup>e</sup> poussoir remet à zéro avant une nouvelle mesure. Pour simuler un vrai chronomètre (reset – start - stop sur le même bouton), il faudrait un compteur par 3 avec un décodage.



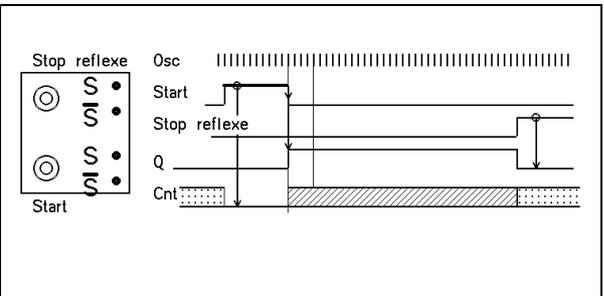
Regardez bien le diagramme des temps. Il remplace des longues phrases sur ce qui se passe. Le temps évolue de gauche à droite, sans être précis et on montre quand les signaux sont à 1 ou à zéro. Suivez le schéma et pas la photo pour mettre les fils. Il faut bien reconnaître ce qui est entrée et ce qui est sortie quand on câble. Il faut régler l'oscillateur à la main – comptez les oscillations du dernier bit du compteur en 10 secondes et corrigez. En 100 secondes ce sera plus précis, mais notre but est d'apprendre et pas d'être précis. Pour être précis, il faut un oscillateur à quartz.



## Testeur de réflexes

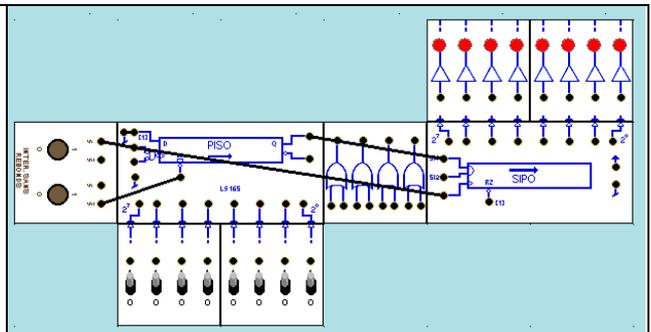
Pour jouer seul, il faudrait une logique qui vous surprenne en se mettant tout à coup à compter les centièmes de secondes. Presser sur un bouton stopperait le comptage. Pour faire simple, c'est un copain qui va vous surprendre ; il pèse sur un bouton, cela remet le compteur à zéro ; il relâche doucement, vous ne voyez pas, et cra, ça compte – réflexe.

On traduit cette phrase dans un diagramme des temps et on réfléchit comment agir sur la bascule D qui laisse passer le comptage. Peser sur Start remet à zéro le compteur. Relâcher agit dynamiquement sur le CP de la bascule avec l'entrée D à un. Q passe à 1. Le stop est statique, agit sur le reset de la bascule Q. Vous voyez comment dessiner le schéma et câbler ? Il faut déplacer 3-4 fils. Bravo l'ingénieur.



## Registre à décalage

Câblons deux registres à décalage qui montrent comment on peut transmettre de l'information à distance. Ici, il nous faut deux fils, mais il y a des trucs pour n'utiliser qu'un fil, ou une onde radio. Un registre est une suite de bascules qui se transmettent l'information à chaque coup d'horloge. Les 8 bascules du registre PISO (Parallel In Serial Out) sont chargées par le signal statique /LD (load) qui est relié au bouton de chargement, sur /S.



Avec 8 impulsions d'horloge Ck, on décale dans un registre similaire, mais dont on peut afficher l'état des bascules (SIPO Serial In Parallel Out).

La séquence est donc

- Préparer un mot de 8 bits
- Charger dans le PiSo
- Envoyer 8 impulsions d'horloge
- Observer le résultat sur le SiPo

Pour envoyer les 8 impulsions automatiquement, il faut une bascule et un compteur, expliqués dans le complément.

## Simulateur de Logidules

Avec le simulateur de logidules, sur PC seulement (W7-10), vous retrouvez des explications et un catalogue réduit qui permet tous les montages simples ; le simulateur a été utilisé pour tester les montages de cet atelier. <https://www.didel.com/SimuLogidules.pdf>

## Complément

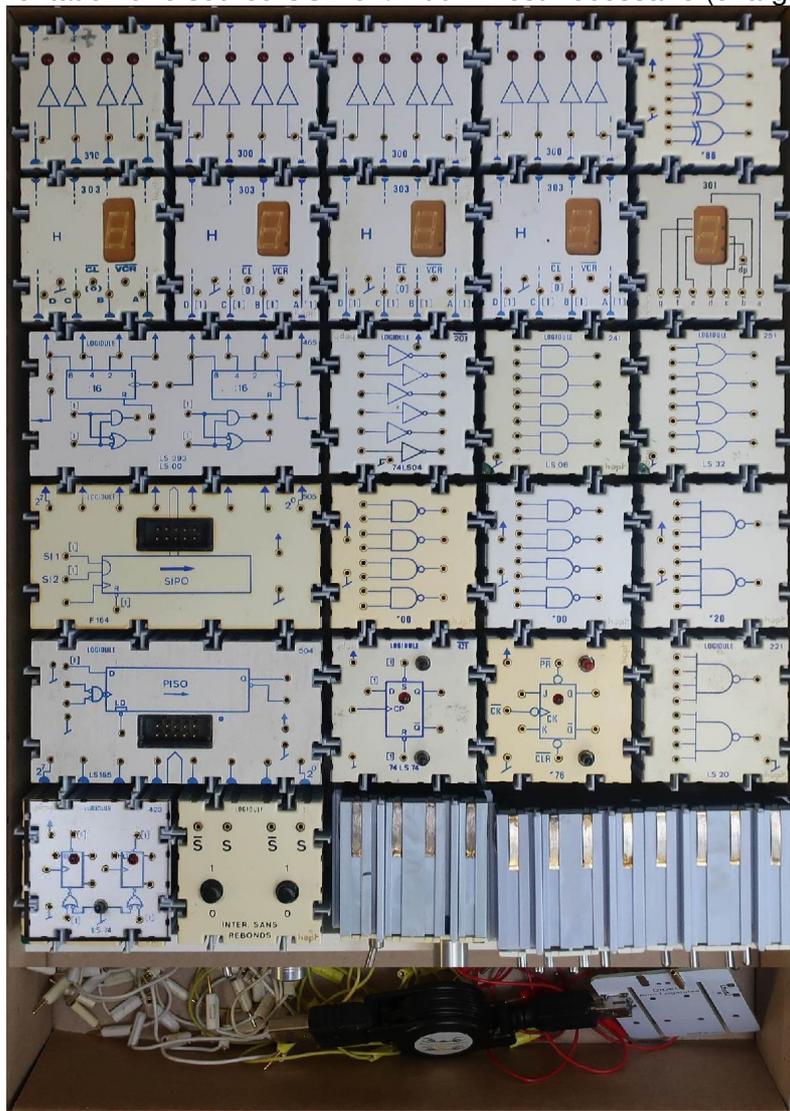
Le kit contient des logidules non utilisés par les montages précédents. Ils permettent de réaliser une calculatrice binaire, le décodage 7-segments des chiffres de 0 à 3 et de tester des compteurs faits avec des bascules D et JK. Lien à ce fichier est

<https://www.didel.com/SimuLogidules.pdf>

Autres documentations a venir sous <https://wiki.epfl.ch/doc-logidules>

## Contenu du Kit

Pour l'alimentation une source USB 5V/4 00mA est nécessaire (chargeur ou PC)



Environ 25 fils blanc, 15 fils jaune, 5 fils rouge, adaptateur USB-mini, USB-roll