

# *Les Discriminateurs*

LED-02, CFD-01, PDD-01

## **Notice Utilisateur**

*v1.0 - Juin 2018*

- **Présentation**
- **Spécifications principales**
- **Spécifications optionnelles**
- **PDD-01 notice utilisateur**
- **CFD-01 notice utilisateur**
- **LED-02 notice utilisateur**
- **LED-16 notice utilisateur**

## **I. présentation**

- définitions
- les 2 catégories de discriminateur
  - les discriminateurs non compensés (LED-02)
  - les discriminateurs compensés (PDD-01 et CFD-01)

## **II. spécifications principales**

- polarité du signal analogique d'entrée
- amplitude maximale du signal analogique d'entrée
- seuil de validation
  - plage
  - réglage
- durée du signal de sortie
  - plage
  - réglage
- standard du signal logique de sortie
- ajustement à la forme du signal d'entrée (discriminateurs compensés seulement)
- optimisation de la compensation du walk (discriminateurs compensés seulement)
- mécanique
- connectique

## **III. spécifications optionnelles**

- doublement du signal de sortie
- mode double seuil (discriminateurs non compensés seulement)
- mode division\_par\_2 (discriminateurs non compensés seulement)
- sortie du signal de validation (discriminateurs compensés seulement)
- sortie analogique copie du signal analogique d'entrée

## **IV. PDD-01 : notice utilisateur**

## **V. CFD-01 : notice utilisateur**

## **VI. LED-02 : notice utilisateur**

## **VII. LED-16 : notice utilisateur**

## I. Présentation

### I-a définitions

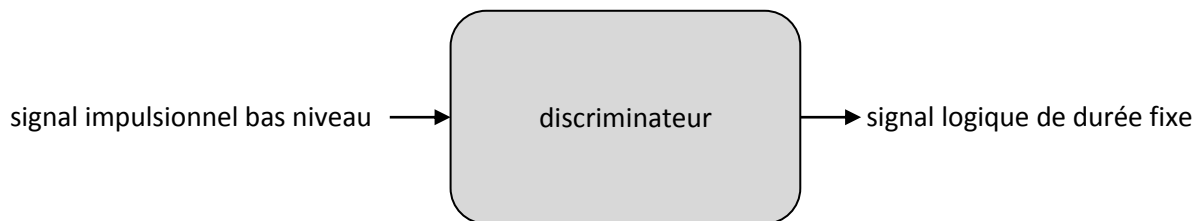
Dans son fonctionnement de base, un discriminateur dispose d'une entrée analogique et d'une sortie logique.

Dans la plupart de nos applications, le signal analogique d'entrée est du type impulsionnel bas niveau avec les caractéristiques suivantes :

- ✓ ligne de base : 0V
- ✓ amplitude maximale de l'impulsion : de quelques mV à quelques V
- ✓ largeur à la base : de quelques 100ps à quelques  $\mu$ s
- ✓ taux moyen de répétition : jusqu'à 100M/s et plus.

Le signal logique de sortie a généralement une durée fixe (mode monostable) et respecte l'un des standards habituels en instrumentation (NIM, ECL, TTL, LVDS).

Dans sa représentation la plus simple, un discriminateur peut être schématisé comme suit :



### I-b les 2 catégories : "discriminateur non compensés" et "discriminateur compensés"

Un discriminateur est un dispositif de reconnaissance de forme ; il diminue la quantité d'information contenue dans le signal analogique d'entrée, dont la forme peut être complexe, pour ne délivrer qu'une seule information, temporelle en l'occurrence, portée par le front avant du signal logique de sortie. D'où, le plus souvent, la difficulté pour caractériser les performances qu'on peut attendre d'un discriminateur si on ne connaît pas précisément les caractéristiques du signal présenté à l'entrée.

Les discriminateurs développés par la plate-forme DTPI relèvent de 2 catégories :

- ✓ *discriminateur détectant le franchissement d'un niveau d'amplitude donné (seuil) dans le sens des amplitudes croissantes en valeur absolue.*

L'instant de sortie du signal logique par rapport au début du signal d'entrée dépend donc de la forme du signal d'entrée.

**Ce type de discriminateur est dit non compensé.**

Le plus souvent, il est utilisé par des dispositifs logiques (comptage, coïncidence, trigger) mais peu ou pas adapté pour des mesures de temps.

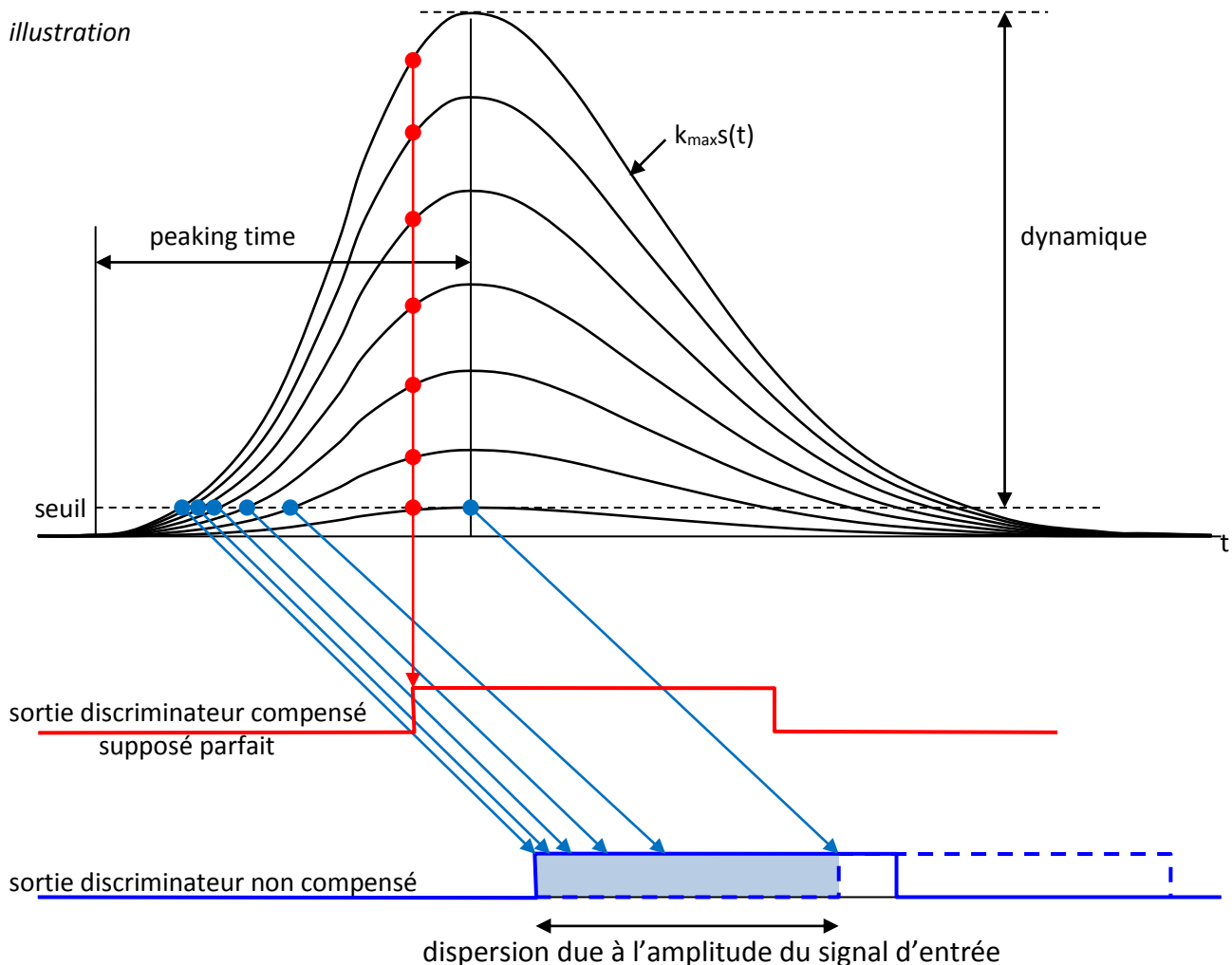
La littérature anglaise appelle cette catégorie de discriminateur "Leading Edge". La désignation française "à seuil" pour cette catégorie de discriminateur est mal venue car toutes les catégories de discriminateur disposent d'un seuil de validation du signal de sortie. Nous reprenons la désignation anglo-saxonne "Leading Edge Discriminator" (LED-xx) pour nos discriminateurs relevant de cette catégorie.

- ✓ *discriminateur délivrant un signal de sortie à un instant fixe par rapport au début du signal d'entrée à la condition que les signaux d'entrée soient de la forme  $k.s(t)$ ,  $k$  variant d'un signal impulsionnel à l'autre (famille de signaux dite « affine » dans la suite de cette note).*

**Ce type de discriminateur est dit compensé.**

Ce type est nécessairement utilisé pour obtenir une mesure du temps de bonne résolution bien que le gain en amplitude du détecteur délivrant le signal d'entrée fluctue, statistiquement d'une part et en fonction de la nature du rayonnement détecté d'autre part (c'est le cas notamment des signaux délivrés par un photomultiplicateur).

Nous avons développé 2 types de discriminateur dans cette catégorie : "Peak Detection Discriminator" (PDD-xx) et "Constant Fraction Discriminator" (CFD-xx).



La dispersion de l'instant de sortie due à la dynamique en amplitude des signaux à l'entrée d'un discriminateur non compensé est quasiment égale au peaking time des signaux d'entrée.

La dispersion due à la dynamique en amplitude des signaux à l'entrée d'un discriminateur compensé parfait est nulle par définition.

Dans la littérature, la dispersion due à la dynamique des signaux d'entrée est désignée par "walk". On devrait préciser "dynamics walk" car il y a d'autres sources de dispersion déterministe de l'instant de sortie :

- ✓ due au comportement non-linéaire pour les grands signaux ("amplitude walk")
- ✓ due à la trace laissée par les signaux précédents ("rate walk")
- ✓ due à l'écart de forme par rapport à la forme générique  $s(t)$  ("shape walk").

Ces walks sont déterministes. Pour toutes les catégories de discriminateur s'ajoute le bruit stochastique des composants électroniques (le "jitter") ; pour des signaux d'entrée d'amplitude supérieure à quelques mV, le jitter est le plus souvent négligeable par rapport aux sources déterministes de dispersion.

## II. Spécifications principales

### ***II-a polarité du signal analogique d'entrée***

Le signal d'entrée est très généralement mono-polaire (constitué d'un seul lobe) ; il peut être bipolaire (constitué de 2 lobes, de surface totale nulle).

Alors que la plupart des signaux délivrés par un détecteur de rayonnement sont de polarité négative, il est de plus en plus fréquent d'avoir à traiter des signaux positifs (amplification intégrée au détecteur).

### ***II-b amplitude maximale du signal analogique d'entrée***

### ***II-c seuil de validation***

- Plage  
Dans la pratique, il est inutile de prévoir une plage de réglage du seuil de validation du discriminateur supérieure à 200 mV environ.
- Réglage  
Manuel (par potentiomètre) ou Commandé à distance.

### ***II-d durée du signal de sortie (mode monostable)***

- Plage  
La durée du signal de sortie ne sert le plus souvent qu'à se prémunir de déclenchements intempestifs du discriminateur sur la queue du signal analogique d'entrée, lequel peut être le siège de signaux parasites d'origine diverse, telle que désadaptation ou diaphonie.  
Dans la pratique, la plage de réglage de la durée du signal de sortie s'étend de quelques ns à quelques dizaines de ns ; au-delà, ce paramètre est difficile à réaliser.
- réglage  
Manuel (par potentiomètre) ou Commandé à distance.

### ***II-e standard du signal logique de sortie***

Les discriminateurs réalisés par le passé ont utilisé un peu tous les standards logiques : NIM, NECL, PECL, LVPECL, LVTTTL.

Nous proposons de focaliser nos réalisations sur 3 standards :

- NIM : c'est le standard traditionnel de transmission "single ended" sur câble coaxial qui permet de rester compatible avec de nombreux appareils existants
- LVTTTL : afin d'être compatible avec des matériels récents qui utilisent désormais ce standard "single ended" avec de bonnes performances temporelles
- LVDS : c'est un excellent standard "differential" que nous utilisons pour nos réalisations mais qui n'est pour le moment pas standardisé du point de vue connectique.

## **II-f ajustement à la forme du signal d'entrée (discriminateurs compensés seulement)**

Si on souhaite en tirer de bonnes performances, les discriminateurs compensés doivent être optimisés en fonction de la fonction générique  $s(t)$  de la famille affine des signaux d'entrée. Parfois, c'est même une obligation au risque de graves déboires.

Selon les réalisations, cette optimisation est fixe (choisie lors de la fabrication du discriminateur) ou ajustable manuellement.

### *Distinction PDD versus CFD :*

Un PDD délivre un signal de sortie avec un délai constant par rapport à l'origine du signal d'entrée à la condition que le signal d'entrée soit de la forme  $k.s(t)$  durant toute sa durée.

Un CFD délivre un signal de sortie avec un délai constant par rapport à l'origine du signal d'entrée à la condition que le signal d'entrée soit de la forme  $k.s(t)$  durant une première partie seulement (la fraction initiale) du signal d'entrée.

## **II-g optimisation de la compensation du walk (discriminateurs compensés seulement)**

Une fois adoptés les paramètres de compensation du walk, le discriminateur présente un défaut de compensation pour les signaux d'entrée de faible amplitude du fait de la dispersion des caractéristiques des composants électroniques.

Ce défaut résiduel peut être corrigé

- soit de manière manuelle (par potentiomètre)
- soit de façon automatique.

En plus de la simplification apportée à la mise en œuvre d'un discriminateur compensé, le contrôle automatique permet de compenser en temps réel les bruits basses fréquences accompagnant le signal d'entrée ("ronfle") ainsi que les dérives en température de l'offset des composants électroniques et du signal d'entrée (notamment si celui-ci est délivré par des étages amplificateurs).

## **II-h mécanique**

Les discriminateurs se présentent

- sous forme de boîtier autonome, la plupart du temps à raison de une voie de discrimination par boîtier ; ces versions permettent d'une part d'approcher la fonction discriminateur au plus près du détecteur, d'autre part d'éviter au mieux les diaphonies entre voies, diaphonies qui peuvent s'avérer pénalisantes dans certaines applications
- sous forme de tiroir regroupant plusieurs voies, souvent dans un standard ouvert (NIM, Camac, VXI) ou personnalisé (NI, FOX) ; quand ces standards sont « informatiques », ils permettent tout ou partie de la télécommande du paramétrage des voies discriminateur.

## **II-i connectique**

La prise du signal d'entrée est toujours coaxiale.

En version boîtier, les standards sont BNC, SMA et Lemo00. Les signaux d'entrée étant bas niveau, on évitera, autant que faire se peut, la connectique Lemo00.

### III. spécifications optionnelles

#### **III-a doublement du signal de sortie**

Disposer d'une seconde sortie logique.

Cette option offre la fonction "fan out complémentaire" ; elle permet aussi de ne pas perturber le signal de sortie utile du fait de manipulations temporaires (contrôle passager sur oscilloscope par exemple).

#### **III-b mode double seuil (discriminateurs non compensés seulement)**

Associé à une entrée analogique unique, disposer de 2 sorties logiques correspondant à 2 seuils de validation différents.

Cette option permet de distinguer par leur amplitude 2 familles de signaux d'entrée. Exemple : distinguer les signaux de grande amplitude pouvant entraîner des déclenchements intempestifs sur leur front de descente.

#### **III-c mode division\_par\_2 (discriminateurs non compensés seulement)**

Dans son utilisation courante, le discriminateur délivre un signal logique de durée fixe ; son front arrière n'apporte pas d'information temporelle supplémentaire. Dans la plupart des utilisations, cette durée est choisie pour éliminer les déclenchements intempestifs.

Dans le mode optionnel "division\_par\_2" (ou encore mode "toggle"), le signal logique de sortie change d'état logique à chaque franchissement du niveau de seuil par le signal d'entrée. L'information temporelle réside dans les 2 fronts montant comme descendant du signal de sortie.

Ce mode est proposé pour les très forts débits car le temps mort du discriminateur est alors minimal et la plupart des TDCs sont en mesure de coder fronts montant et descendant. Sa mise en œuvre implique de régler le seuil suffisamment haut pour éliminer les déclenchements intempestifs, ce qui limite la dynamique en amplitude à l'entrée.

#### **III-d sortie du signal de validation (discriminateurs compensés seulement)**

Disposer, en supplément de la sortie compensée, d'un signal logique couvrant le temps où l'amplitude du signal analogique d'entrée dépasse le seuil.

Cette option présente 2 avantages :

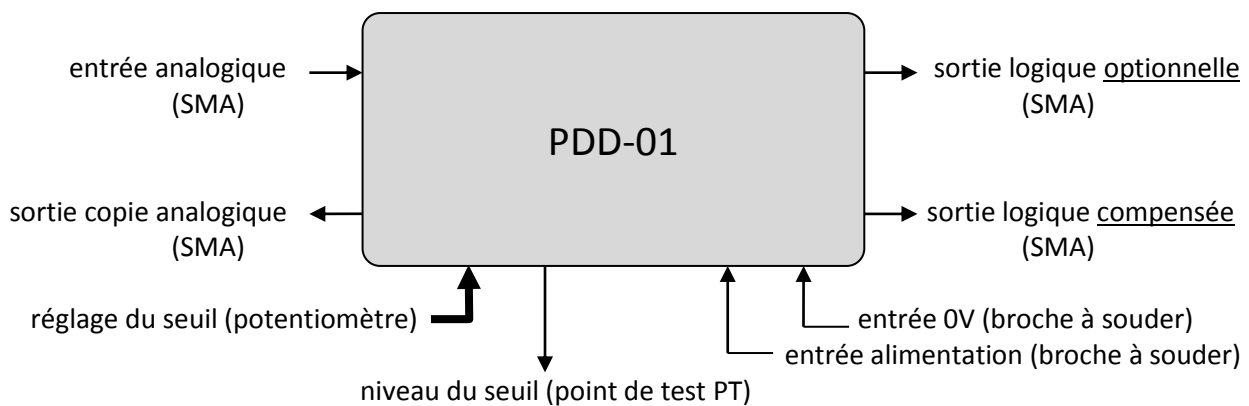
- mesurer la durée de ce signal (les TDCs sont quasiment tous en mesure de le faire) fournit une assez bonne évaluation de l'amplitude du signal d'entrée
- contrôler à l'oscilloscope le bon fonctionnement du discriminateur compensé.

#### **III-e sortie analogique, copie du signal analogique d'entrée**

Disposer en sortie coaxiale 50Ω de la copie du signal analogique d'entrée.

Ceci permet de ne pas perturber le signal issu du détecteur suite à des manipulations temporaires (contrôle sur oscilloscope par exemple).

#### IV. PDD-01 : notice utilisateur



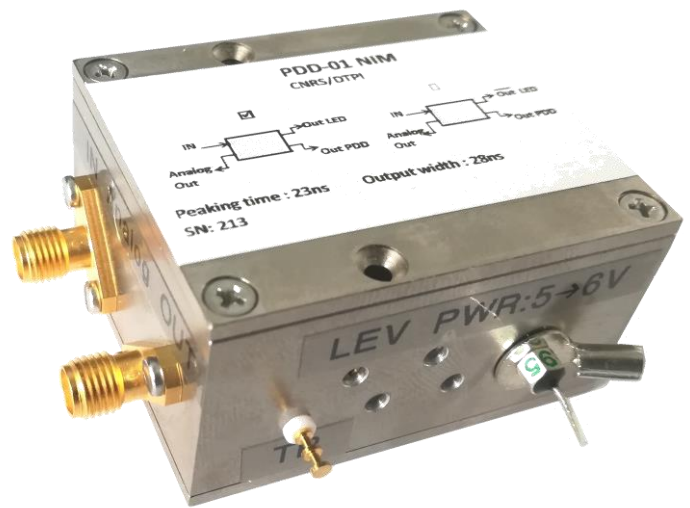
- *entrée analogique*
  - polarité négative
  - impédance : 50Ω
  - protection contre les amplitudes supérieures à ± 1V
  - prise coaxiale SMA
- *seuil*
  - plage effective : +25 mV ↔ -225 mV
  - réglage par potentiomètre linéaire 12 tours, accessible de l'extérieur
  - contrôle du niveau sur point de test PT, accessible de l'extérieur
  - plage de  $V_{PT}$  : 0V ↔ -5V
  - seuil effectif =  $(V_{PT} / 20) + 25$  mV** (voir table de correspondance page suivante)
- *signal logique de sortie compensée*
  - durée : fixée lors de la fabrication du discriminateur
  - standard : NIM ; prise coaxiale SMA
- *ajustement à la forme du signal d'entrée  $s(t)$* 
  - **le signal d'entrée doit être de la forme  $k.s(t)$  pour la totalité de sa durée**
  - l'ajustement au "peaking time" du signal d'entrée est fixé à la fabrication du discriminateur
- *optimisation de la compensation du walk*
  - automatique
- *sortie copie du signal analogique d'entrée*
  - gain = -1 (inversion du signal d'entrée)
  - prise coaxiale SMA
- *sortie logique optionnelle (option fixée lors de la fabrication du discriminateur)*
  - option1 : copie de la sortie compensée, en logique complémentaire (fonction "fan out")
  - option2 : sortie du signal validation (voir chronogramme page suivante)
  - standard : NIM ; prise coaxiale SMA
- *alimentation*
  - plage : +4.5V ↔ +6.5V (+5.5V conseillé)
  - consommation : 290 mA @  $V_{alimentation} = 5.5V$



correspondance niveau point de test ↔ seuil effectif

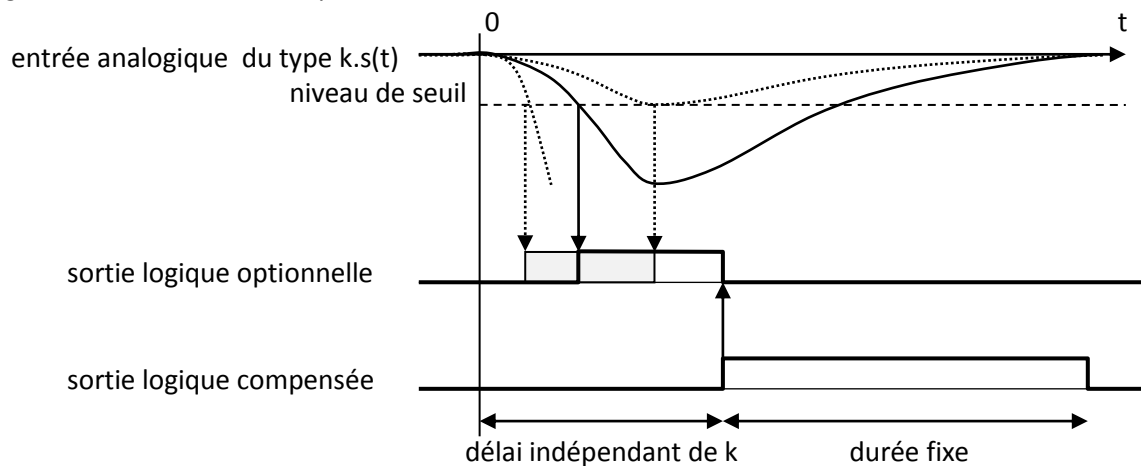
$V_{PT}$ (mV)	seuil (mV)
0	+25
-100	+20
-200	+15
-300	+10
-400	+5
-500	0
-550	-2.5
-600	-5
-650	-7.5
-700	-10
-750	-12.5
-800	-15
-850	-17.5
-900	-20
-1000	-25
-1100	-30
-1200	-35
-1300	-40
-1400	-45
-1500	-50
-1600	-55
-1700	-60
-1800	-65
-1900	-70
-2000	-75
-2200	-85
-2400	-95
-2600	-105
-2800	-115
-3000	-125
-3200	-135
-3400	-145
-3600	-155
-3800	-165
-4000	-175
-4500	-200
-5000	-225

} pour tenir compte d'un éventuel offset positif du signal d'entrée (cas exceptionnel)

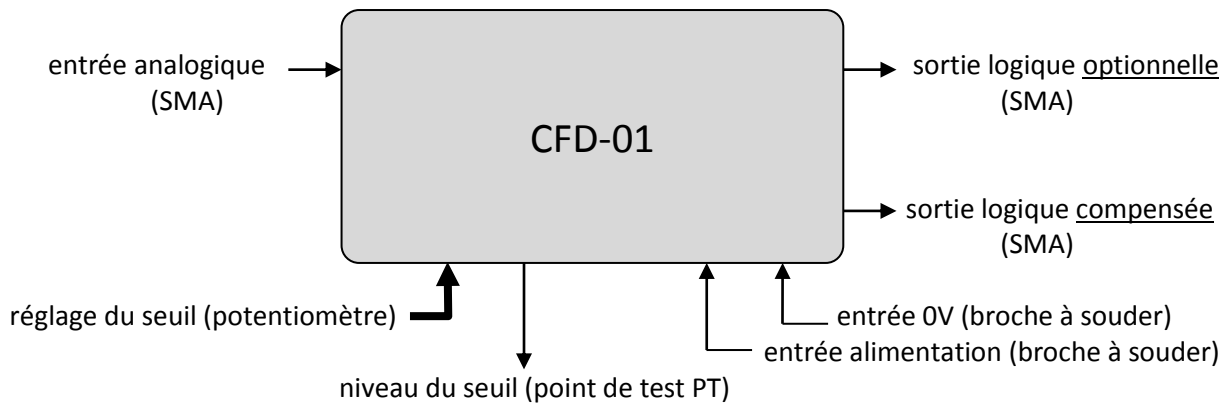


dimensions : 50x40x27 mm<sup>3</sup>

Chronogramme dans le cas de l'option2 sortie validation



## V. CFD-01 : notice utilisateur



- *entrée analogique*
  - polarité négative
  - impédance : 50Ω
  - protection contre les amplitudes supérieures à ± 1V
  - prise coaxiale SMA
- *seuil*
  - plage effective : +25 mV ↔ -225 mV
  - réglage par potentiomètre linéaire 12 tours, accessible de l'extérieur
  - contrôle du niveau sur point de test PT, accessible de l'extérieur
  - plage de  $V_{PT}$  : 0V ↔ -5V
  - seuil effectif =  $(V_{PT} / 20) + 25$  mV** (voir table de correspondance page suivante)
- *signal logique de sortie compensée*
  - durée : fixée lors de la fabrication du discriminateur
  - standard : NIM ; prise coaxiale SMA
- *ajustement à la forme du signal d'entrée  $s(t)$* 
  - **le signal d'entrée doit être de la forme  $k.s(t)$  pour une fraction initiale de sa durée**
  - l'ajustement à la fraction du signal d'entrée est fixé à la fabrication du discriminateur
- *optimisation de la compensation du walk*
  - automatique
- *sortie logique optionnelle (option fixée lors de la fabrication du discriminateur)*
  - option1 : copie de la sortie compensée, en logique complémentaire (fonction "fan out")
  - option2 : sortie du signal [niveau d'entrée > niveau du seuil] (voir chronogramme page suivante)
  - standard : NIM ; prise coaxiale SMA
- *alimentation*
  - plage : +4.5V ↔ +6.5V (+5.5V conseillé)
  - consommation : 290 mA @  $V_{alimentation} = 5.5V$

correspondance niveau point de test ↔ seuil effectif

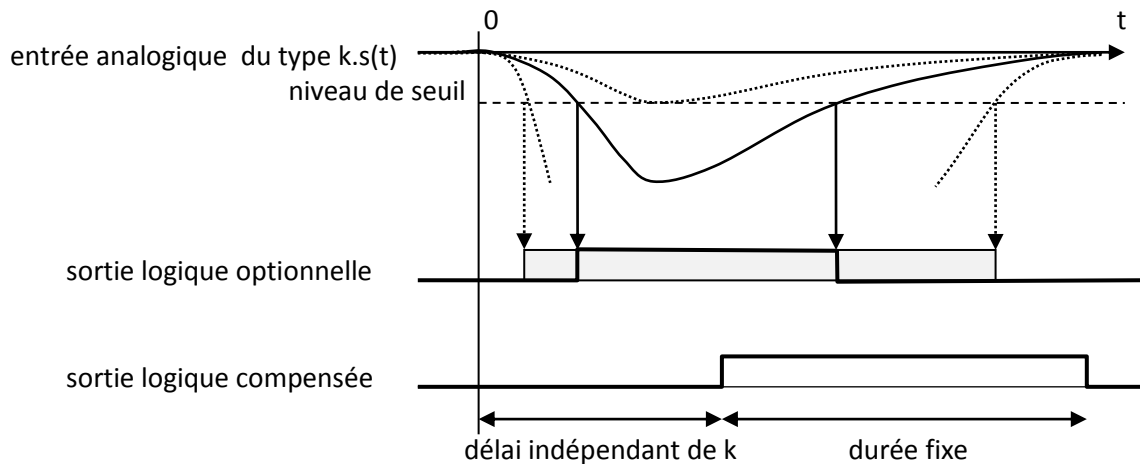
$V_{PT}$ (mV)	seuil (mV)
0	+25
-100	+20
-200	+15
-300	+10
-400	+5
-500	0
-550	-2.5
-600	-5
-650	-7.5
-700	-10
-750	-12.5
-800	-15
-850	-17.5
-900	-20
-1000	-25
-1100	-30
-1200	-35
-1300	-40
-1400	-45
-1500	-50
-1600	-55
-1700	-60
-1800	-65
-1900	-70
-2000	-75
-2200	-85
-2400	-95
-2600	-105
-2800	-115
-3000	-125
-3200	-135
-3400	-145
-3600	-155
-3800	-165
-4000	-175
-4500	-200
-5000	-225

} pour tenir compte d'un éventuel offset positif du signal d'entrée (cas exceptionnel)

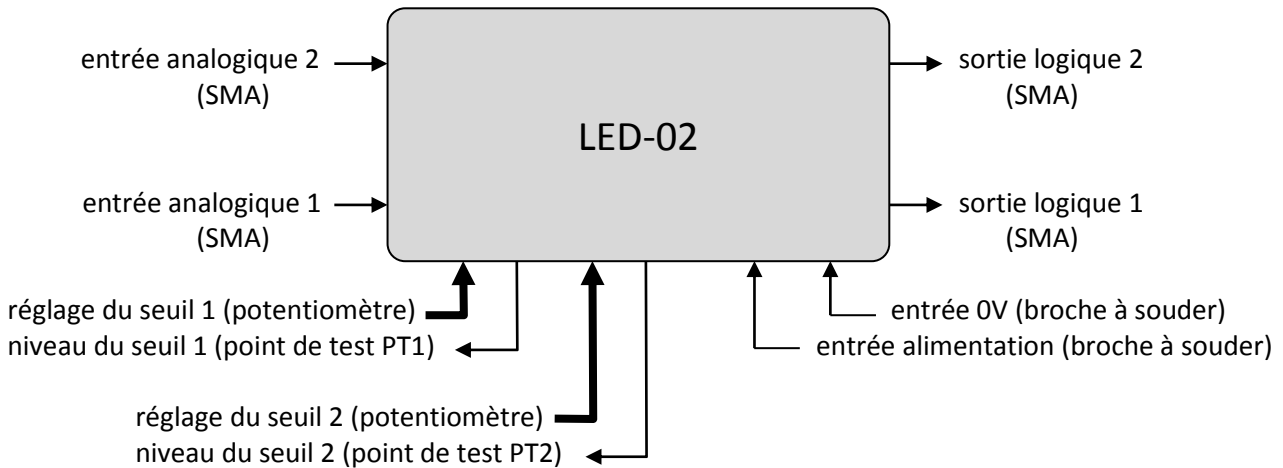


dimensions : 50x40x27 mm<sup>3</sup>

Chronogramme dans le cas de l'option2 [niveau d'entrée > niveau du seuil]

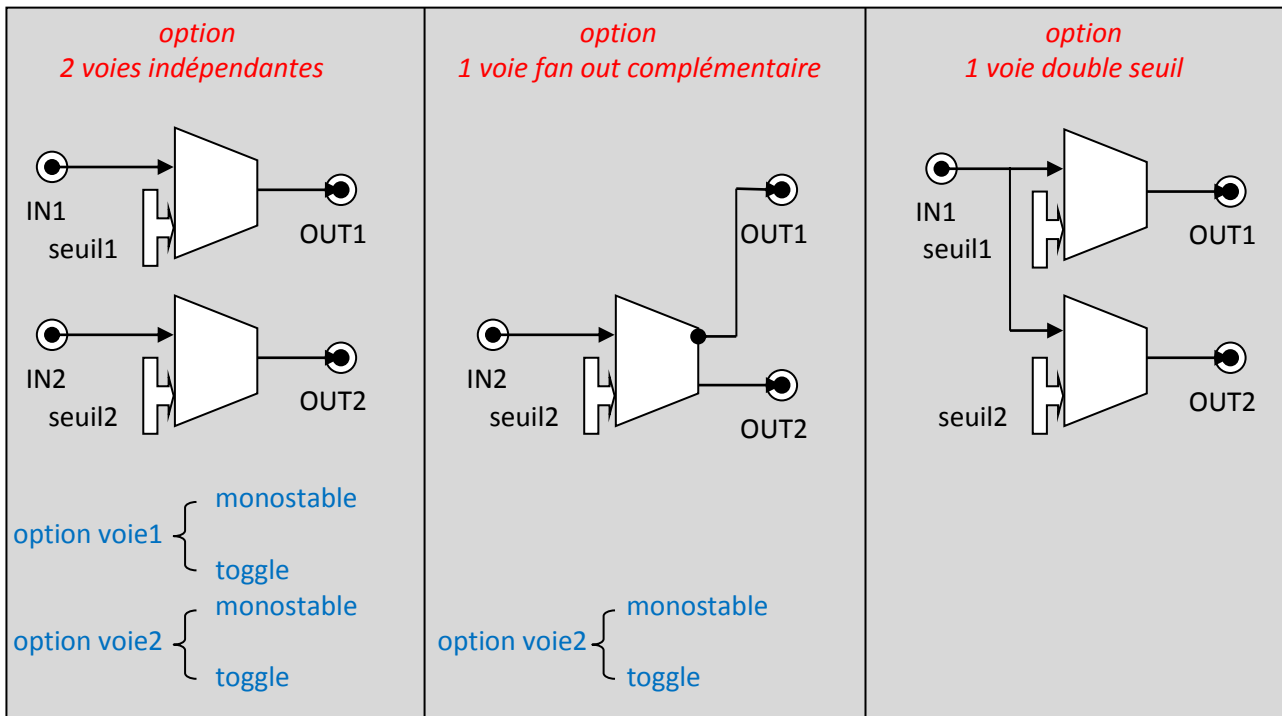


## VI. LED-02 : notice utilisateur



LED-02 dispose de 2 voies non compensées ("Leading Edge").

Lors de la fabrication, LED-02 peut-être spécifié selon les configurations suivantes :



- *entrée analogique*
    - polarité négative ; impédance : 50Ω
    - protection contre les amplitudes supérieures à ± 1V
    - prise coaxiale SMA
  - *seuil*
    - plage effective : +25 mV ↔ -225 mV
    - réglage par potentiomètre linéaire 12 tours, accessible de l'extérieur
    - contrôle du niveau sur point de test PT, accessible de l'extérieur
- plage de  $V_{PT}$  : 0V ↔ -5V
- seuil effectif =  $(V_{PT} / 20) + 25$  mV** (voir table de correspondance page suivante)

- *signal logique de sortie*
  - option monostable : durée fixée lors de la fabrication du discriminateur
  - standard : NIM ; prise coaxiale SMA
- *alimentation*
  - plage : +4.5V ↔ +6.5V (+5.5V conseillé)
  - consommation : 290 mA @  $V_{\text{alimentation}} = 5.5V$

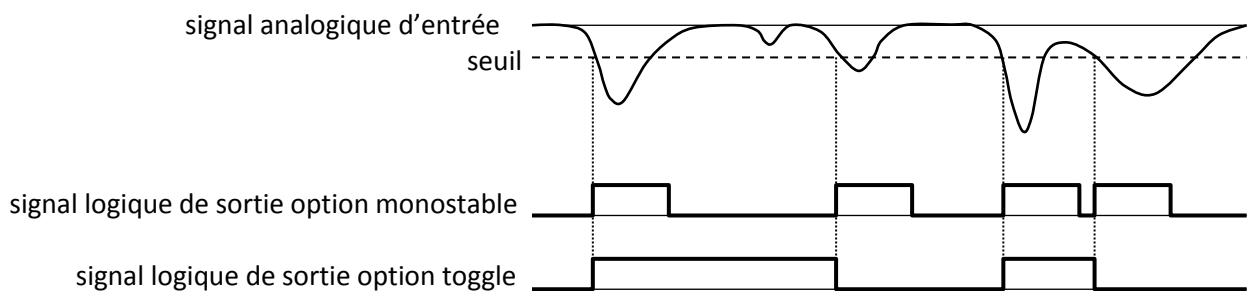
$V_{PT}$ (mV)	seuil (mV)
0	+25
-100	+20
-200	+15
-300	+10
-400	+5
-500	0
-550	-2.5
-600	-5
-650	-7.5
-700	-10
-750	-12.5
-800	-15
-850	-17.5
-900	-20
-1000	-25
-1100	-30
-1200	-35
-1300	-40
-1400	-45
-1500	-50
-1600	-55
-1700	-60
-1800	-65
-1900	-70
-2000	-75
-2200	-85
-2400	-95
-2600	-105
-2800	-115
-3000	-125
-3200	-135
-3400	-145
-3600	-155
-3800	-165
-4000	-175
-4500	-200
-5000	-225

} pour tenir compte d'un éventuel offset positif du signal d'entrée (cas exceptionnel)

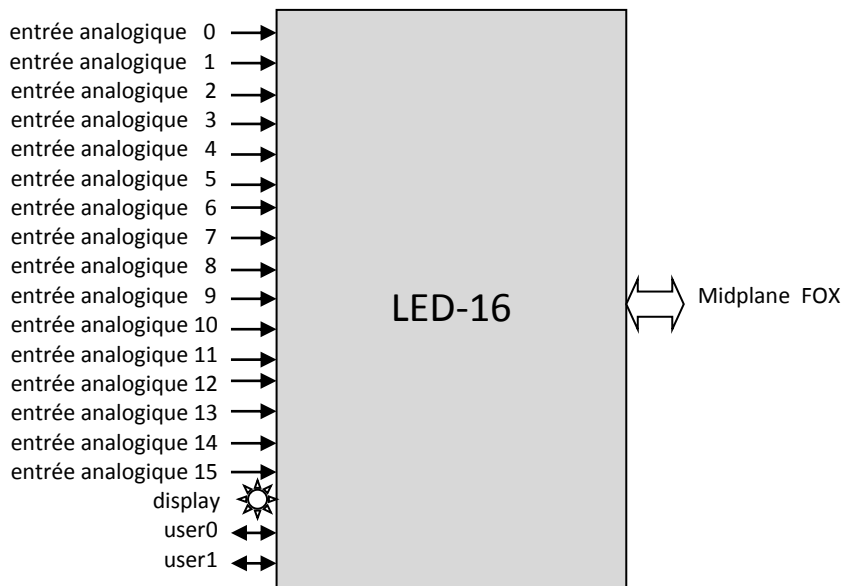


dimensions : 50x40x27 mm<sup>3</sup>

*Chronogrammes selon les options monostable ou toggle*



## VII. LED-16 : notice utilisateur



- *entrée analogique*
  - polarité négative ; impédance :  $50\Omega$
  - protection contre les amplitudes supérieures à  $\pm 1V$
  - prise coaxiale MMCX ou soudage direct (coaxe ou paire)
- *seuil*
  - individualisé par voie
  - plage :  $-250\text{ mV} \leftrightarrow +250\text{ mV}$
  - réglage commandé au travers du Midplane FOX ; résolution : 10bit
- *signal logique de sortie*
  - mode monostable seulement
  - durée fixe, commune à l'ensemble des voies
  - réglage commandé au travers du Midplane FOX ; résolution : 10bit
  - niveau : SSTL2\_1
  - connecteur : PCIe 36 broches

dimensions :  $100 \times 100\text{ mm}^2$

