

R&T CNES CAPTEUR DE PROXIMITE

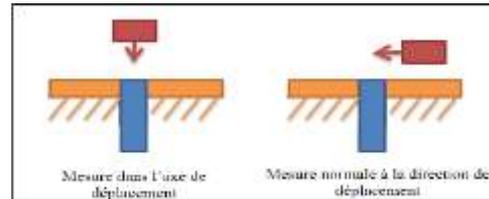
Etude ABE2978 | R-S16/TG-0002-118

Présentations de fin de R&T mécanismes



Objectifs de la R&T - Préambule

- › Maquetter un capteur de proximité sans contact pouvant être utilisé à la fois comme capteur de fin de course (dans les mécanismes de déploiement) ou top tour.



- › Les objectifs conducteur du choix de la solution:
 - Sans contact : détection à 1 mm
 - Mise en œuvre simple : conditionnement embarqué dans le corps du capteur
 - Compact
 - Répétable : tension d'alimentation, thermique et radiatif
 - Robuste : env. mécanique et thermique, radiations
 - Cout maîtrisé
- Niveau TRL4 à l'issue de la R&T avec caractérisation ambiante et thermique

Spécifications détaillées

› Distance de déclenchement

- >1 mm
- Répétabilité : +/- 0.1mm
- Hystérésis : < 0.1mm

› Dynamique

- Temps de réponse < 1ms
- Vitesse cible < 100mm/s

› Electrique

- Tension : compatible 3V3 et 5V
- Consommation < 100 mW
- Sortie : bas <0.4V, haut > 0.9V

› Dimensions

- Masse < 10g
- Taille : Ø15mm x 25mm
- Harnais : 0.1m à 5m

› Environnement

- Op. : -55°C / +90°C
- Non Op. : -65°C / +100°C
- Radiation : 100 kRad
- Vide : 10⁻⁹ Torr

Trade OFF des solutions envisagées

- › **Sur la base d'un héritage industriel**
 - Technologie optique
 - Technologie capacitive
 - Technologie magnétique

- › **Technologies Magnétiques approfondies dans l'étude**
 - Critères clés et topologies différentielles
 - Technologies AMR, GMR ou HALL en magnétostatique
 - Technologie à courants de Foucault à double sonde
 - Technologie à topologie LVDT

- › Technologies sans contact (sans aimant)
 - Technologie optique
 - Technologie capacitive
 - Technologie inductive

- › Technologies sans contact (avec aimant)
 - REED
 - Magnéto résistif / HALL (Produits FESTO)

Optique



Vishay – TCST2103

Capacitif



Schneider – OsiSense XT

Inductif



Schneider – OsiSense XS

Technologies magnétiques approfondies dans l'étude

› Excitation à base de :

- Bobine (active)
- Aimant (passive)

› Détection à base de :

- Bobine (harmonique)
- AMR & GMR / HALL (quasi statique)

Détection / cible	Excitation	
	Passif : aimant	Actif : Bobine
Passif : cible aluminium	Pas de mode de détection	Ex : courants de Foucault
AMR&GMR / HALL	OK	Trop complexe par rapport à un aimant
Inductive : bobines	Pas possible en QS	Topologie « LVDT »



› Il ressort 3 principales technologies:

- Mesure de seuil de champ quasi statique
- Variation d'inductance (courant de Foucault)
- Topologie LVDT

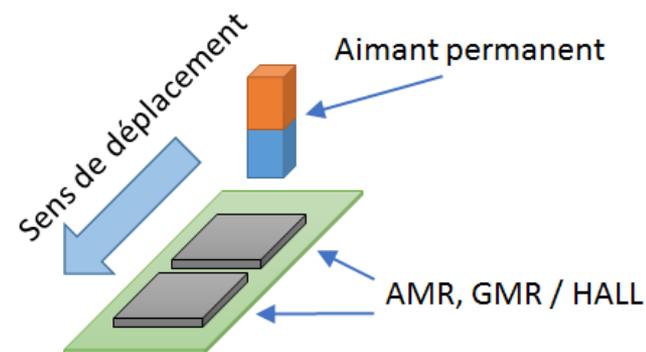
Critères clés et topologies différentielles

- › Le critère de répétabilité doit être assuré sur:
 - Plage thermique : -55°C à $+90^{\circ}\text{C}$
 - Plage d'alimentation : 3V à 5.5V
- › Il y a un impact sur les phénomènes physiques permettant la détection, et donc sur les seuils
- › Il est nécessaire de rendre immune la détection à ces variations
 - Les topologies différentielles sont promues dans cette étude
 - Ainsi on ne compare plus un phénomène par rapport un seuil, mais 2 phénomènes plongés dans les mêmes conditions opérationnelles



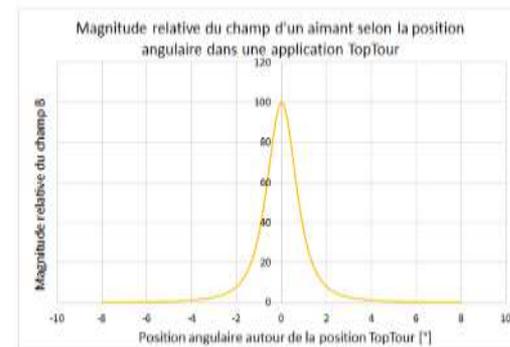
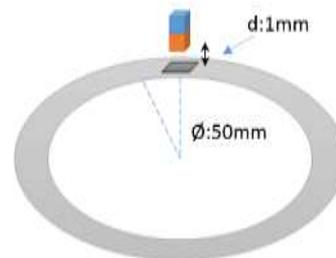
Technologies AMR, GMR ou HALL en magnétostatique

- › Technologies AMR, GMR & HALL différentes, mais regroupées dans l'étude
- Transducteurs magnétoélectriques capables de détecter un champ statique



- › Topologie différentielle optionnelle :

- Variations de l'aimant acceptables
- Simplicité
- Fonctionnement analogue à un relai REED



› Electronique:

- AMR & GMR souvent conditionnés avec un pont de Wheatstone
- Electronique de conditionnement la plus simple
- Tension : certains transducteurs ne fonctionnent pas en dessous de 5V

› Le transducteur:

- Tous les fabricants identifiés en COTS sont américains (Honeywell, Optek, TI)
- Pas de COTS qualifié connu aux exigences RAD (qualification AMR probable dans le futur)

› Avantages

- Technologies les plus simples à conditionner électroniquement en dehors des relais REED

› Contraintes

- Nécessite un aimant permanent
- Sensibilité à la tension d'alimentation
- Choix de composants limité en Europe (limitations imports/export, ITAR, ...)
- Pas de COTS qualifié RAD identifié

Technologie courant de Foucault

› Bobine filaire :

- Champ fort
- Versatilité réduite, intégration moyenne (limite possibilité de bobinage)

› Bobine planaire sur PCB :

- Versatilité importante, intégration élevée (hauteur réduite)
- Technologie maîtrisée en spatiale
- Reproductibilité de fabrication
- Matériau compatible RAD
- Champ et facteur Q plus faibles



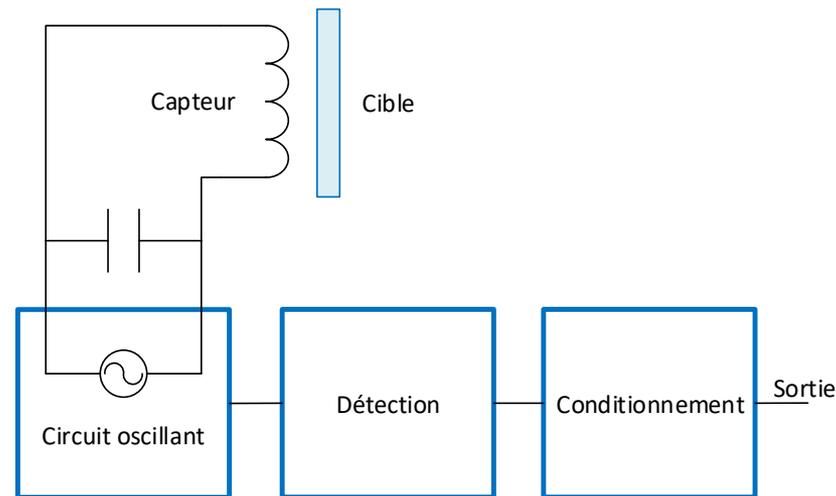
Technologie courant de Foucault

› Architecture 3 blocs:

- Circuit oscillant (Colpitts, simple & robuste)
- Détection
- Conditionnement

› Se suffit d'une cible en matériau conducteur

(épaisseur de peau : $\approx 100\mu\text{m}$ à 1MHz)

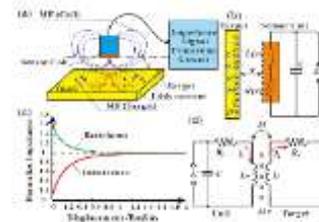


Technologie courant de Foucault

› Solutions sur la base de la technologie à courant de Foucault à CTEC

› Héritage R&T CNES Capteur sub-micrométrique

- Distance de détection : 50 à 250 μ m
- Résolution RMS < 15 nm
- Bande passante (-3dB) : 0.9 kHz
- Biais statique < 0.5 μ m
- Linéarité : +/- 0.04 μ m
- Répétabilité < 0.1 μ m



› Avantages

- Technologie transducteur TRL8-9
- Cible passive simple
- Principe de détection peu sensible à la température et à la tension
- Electronique simple si peu résolu
- Cout du capteur maîtrisé

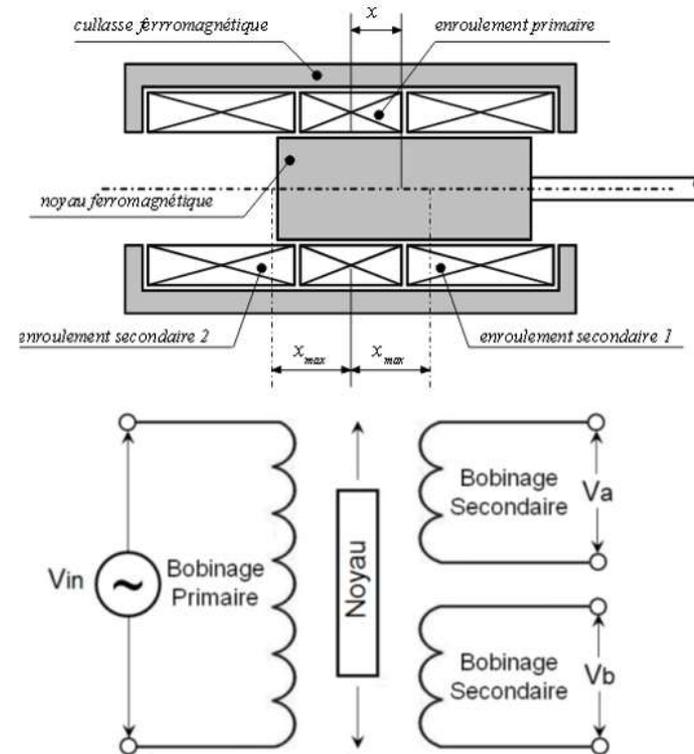
› Contraintes

- Nécessite 2 PCBs distincts
- Electronique complexe et sensible à la température pour une détection fortement résolue
- Sonde de référence doit être éloignée de la sonde de mesure pour détection différentielle

Technologie LVDT courant de Foucault

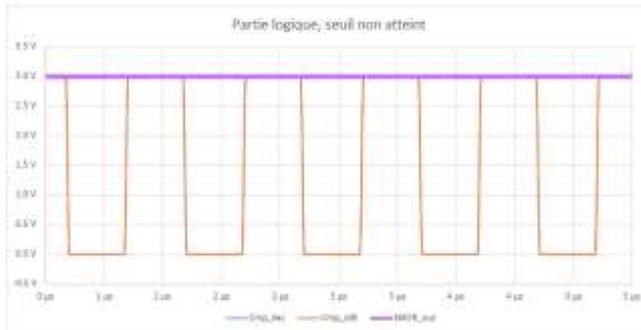
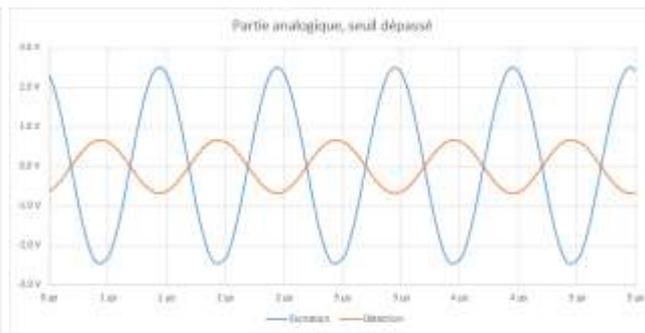
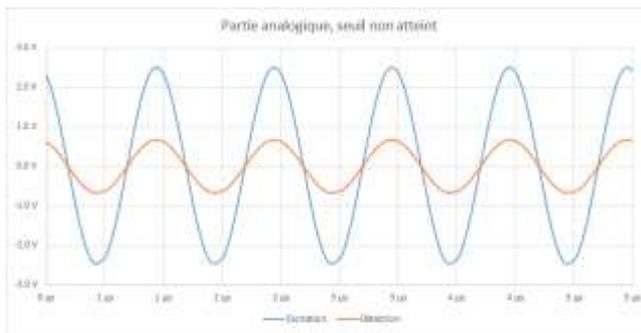
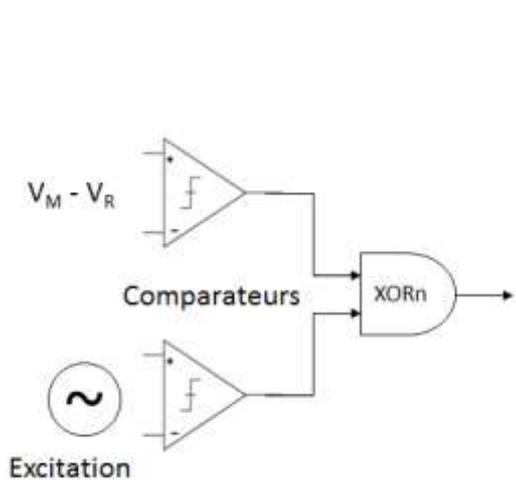
› Principe de la topologie LVDT

- 3 bobines dans une topologie symétrique:
 - 1 primaire d'excitation
 - 2 secondaires de détection, montée en mesure différentielle
 - 1 noyau magnétique plongeur :
 - Va modifier le couplage relatif entre primaire & secondaires
- Mesure différentielle en fonction de la position du plongeur
- Au point milieu : signal de sortie nul
 - De part & d'autre : rotation phase de 180°



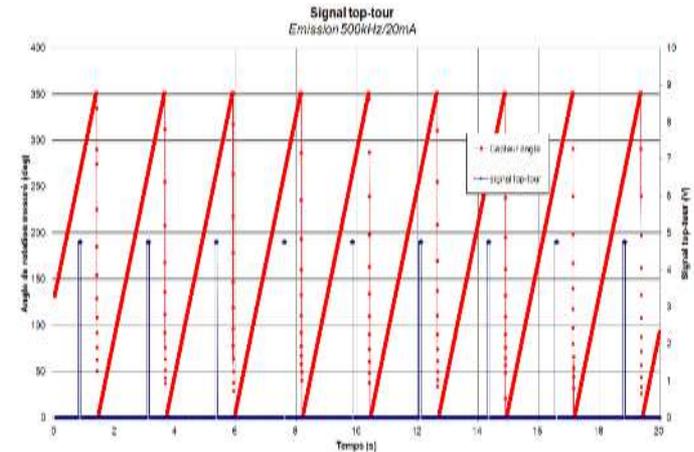
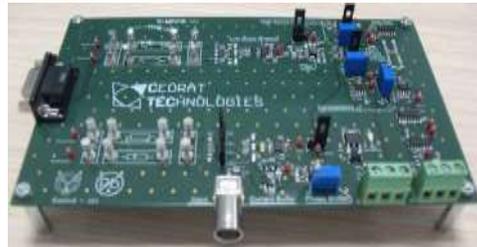
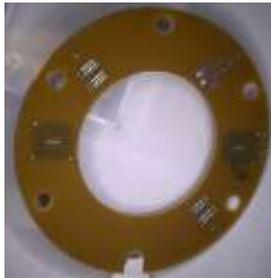
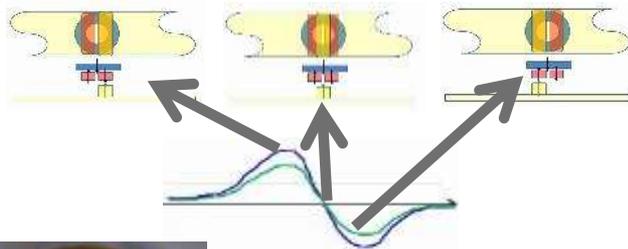
Technologie LVDT courant de Foucault

› Principe de la détection



Technologie LVDT courant de Foucault

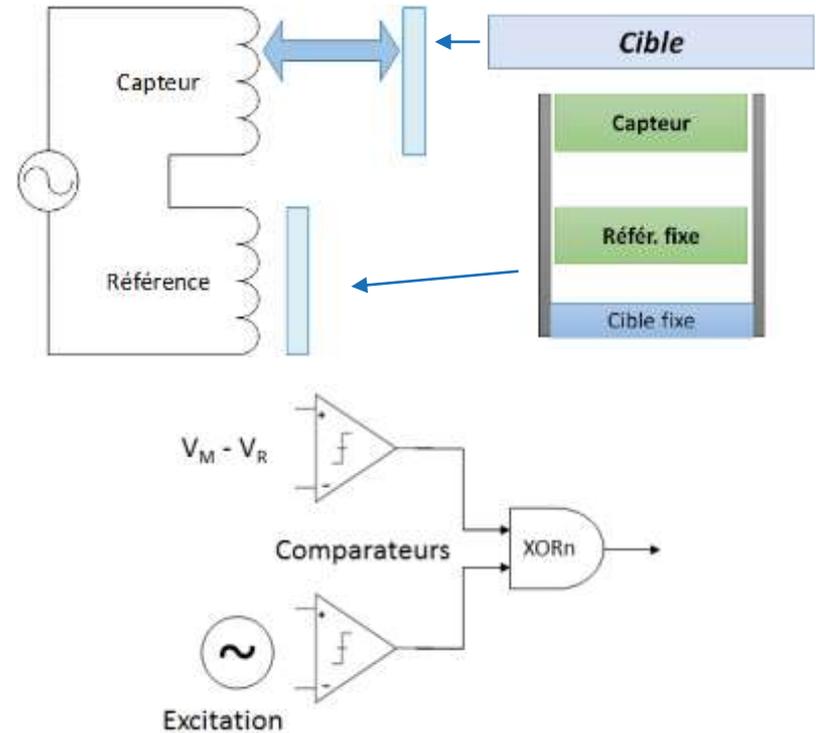
- › Solutions sur la base de la technologie à courant de Foucault à CTEC
- › Héritage spatial : capteur Top-Tour Cryogénique (40K) pour EUCLID



Technologie LVDT courant de Foucault

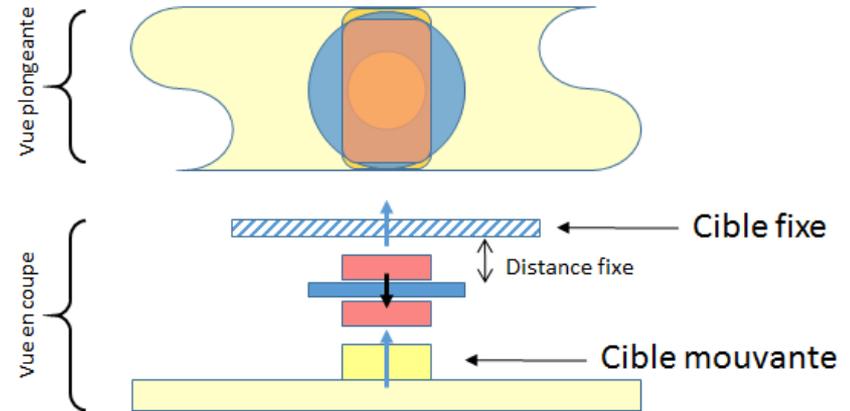
› Migration vers une topologie différentielle

- Le capteur est symétrisé
- La distance 'cible fixe-référence' correspond à la distance 'seuil'
- Les sous ensembles voient le même courant, la même température
- Assemblage plus complexe (2 PCB sondes + interconnexions filaires)
- Détection simple



Technologie LVDT courant de Foucault

- › **Bobines coaxiales + 1 cible fixe**
 - Intégration dans un PCB unique possible
 - Topologie bien adaptée aux mesures normale & axiale
- › **Ce n'est plus une technologie LVDT, seule la topologie la rappelle**
- › **C'est un couplage par courants de Foucault**



› Avantages

- Technologie transducteur TRL8-9
- Peu de sensibilité de la détection à la température et à la tension
- Cible passive simple
- Electronique simple
- Cout du capteur maîtrisé

› Contraintes

- Nécessite 2 PCBs distincts
- Taille de l'électronique de conditionnement

› Technologies investiguées non retenues:

- Optique :
 - Technologie réputée sensible à l'environnement radiatif
 - Pas de sous composants COTS durci connu pour réaliser la fonction
- Capacitive:
 - Moins bien positionnée que la technologie inductive sur ce segment 'low cost' (sensibilité, coût)
 - Pas de COTS connu spatialisé

› Technologies approfondies dans cette étude:

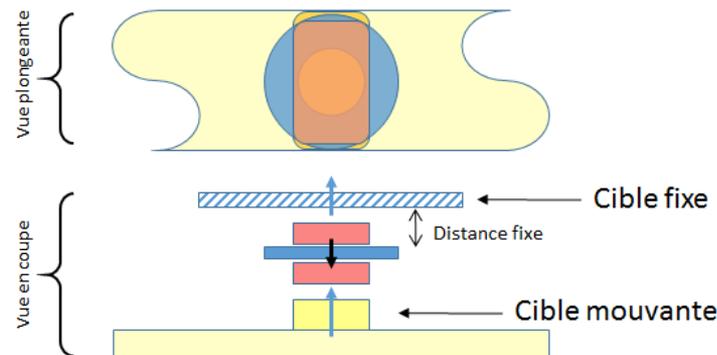
- Mesure de seuil de champ quasi statique (AMR/GMR, HALL + aimant)
 - Intéressante mais choix de composants limité (potentiellement des contraintes import/export)
- Variation d'inductance (courants de Foucault): ECS à double sonde
 - Attention à la contrainte d'assemblage
- Topologie LVDT (avec courants de Foucault)
 - Intrinsèquement la plus symétrisée, et la plus prometteuse

Résumé 2/2

- › Technologies la plus prometteuse:
 - 3 bobines coaxiales dans un PCB planaire:
 - 1 bobine d'excitation
 - 2 bobines de détection montées en mesure différentielle
 - Travail en courants Foucault
 - Une cible de référence à la distance de détection (fixe)

- › La partie transducteur est un PCB:
 - Pas de contrainte import/export
 - Compatible environnement spatial
 - Technologie déjà évaluée avec succès pour un projet spatial

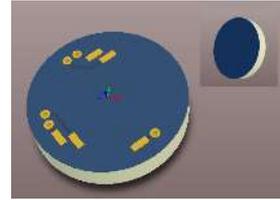
- › La partie conditionnement est une électronique simple



Conception du capteur de proximité

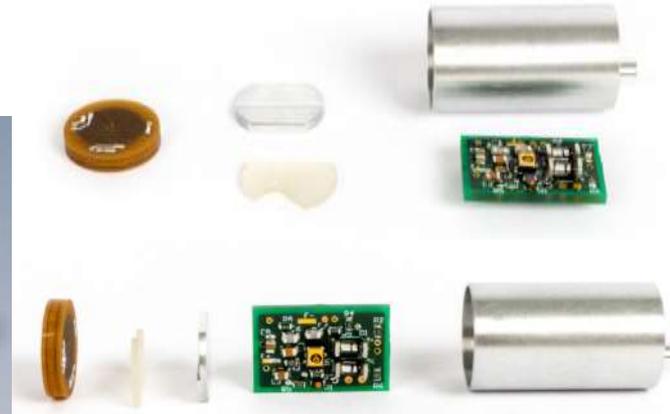
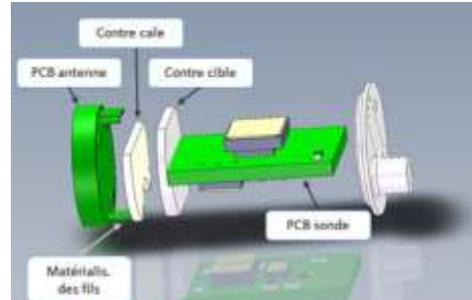
› Conception Bobines de détection

- PCB Multicouches
- ECSS routage et fabrication respectées
- Matériau Polyimide



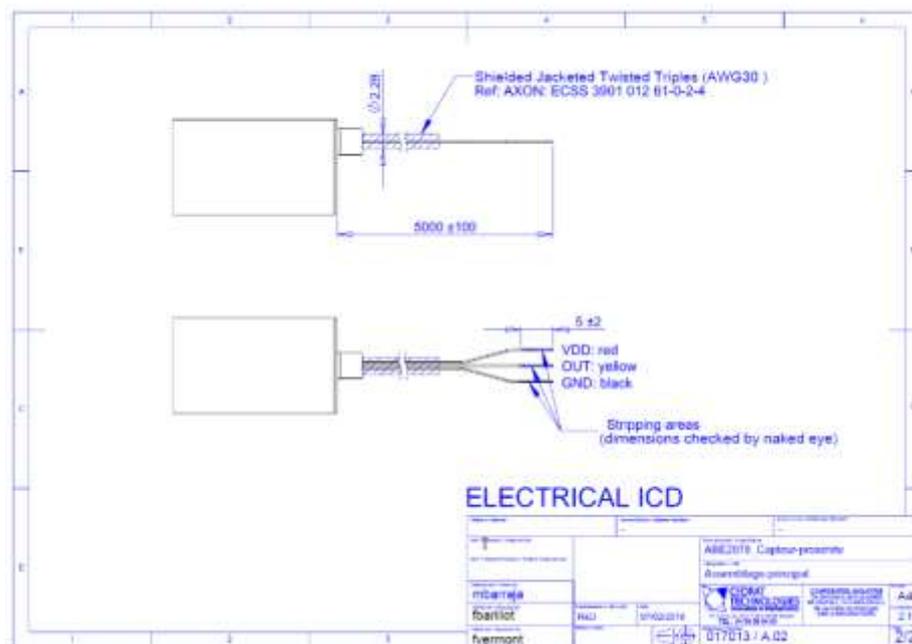
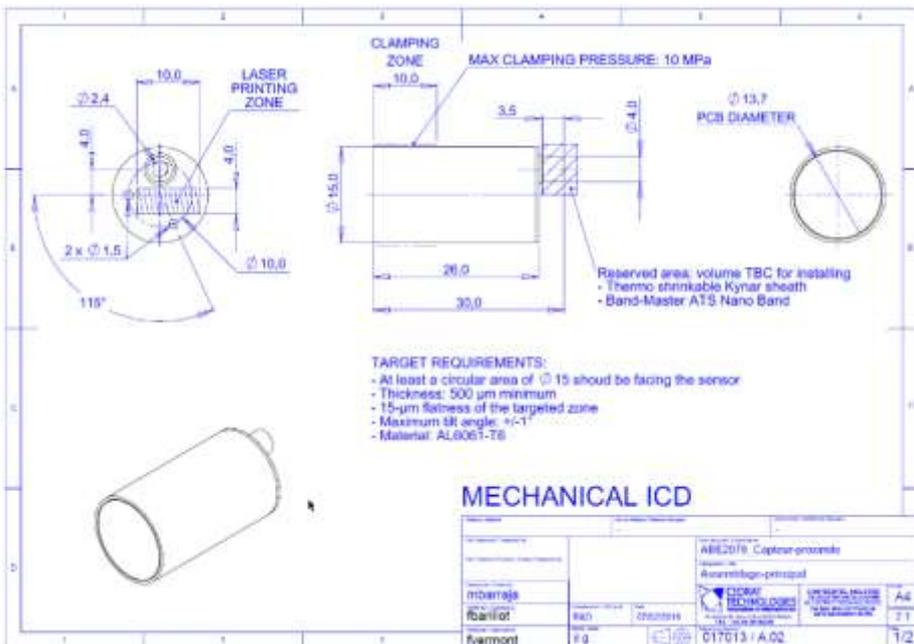
› Conception électronique de conditionnement

- PCB 2couches
- Composants space grade
- Remplissage du corps avec potting

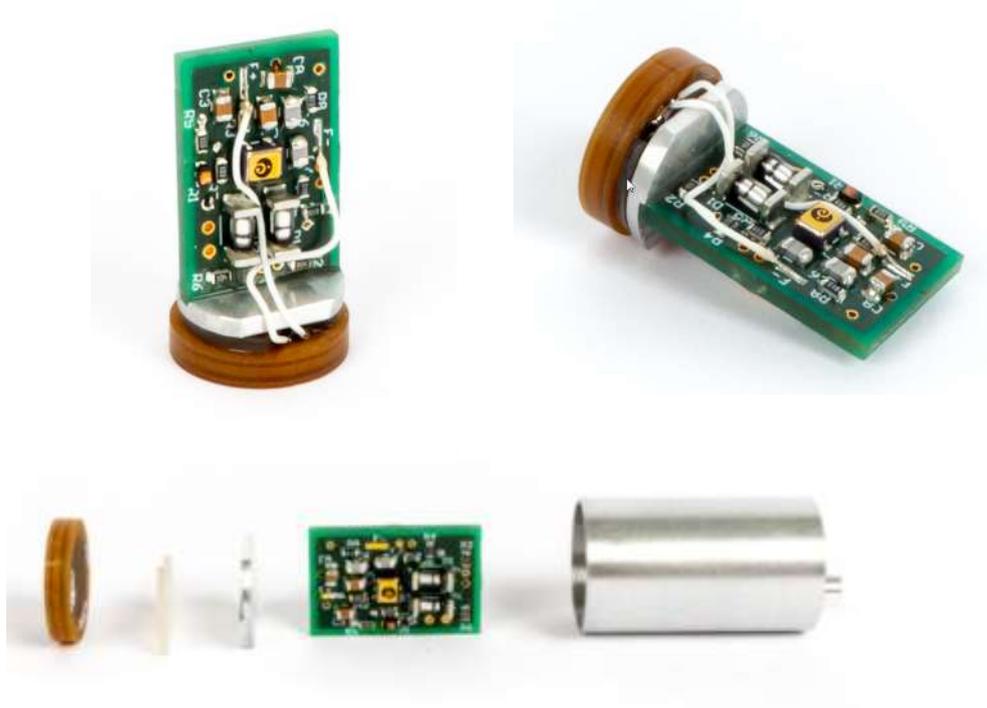


Conception du capteur de proximité

- ICD mécanique et électrique

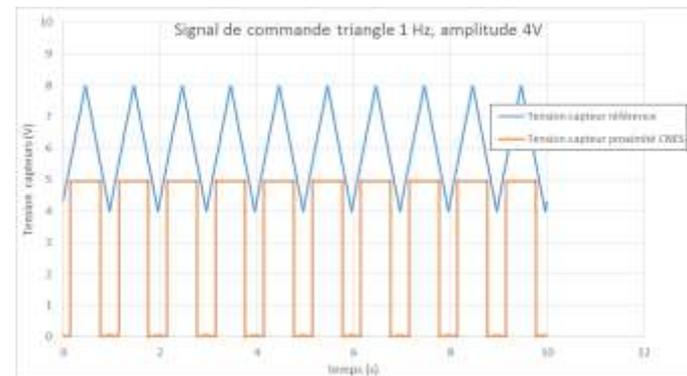
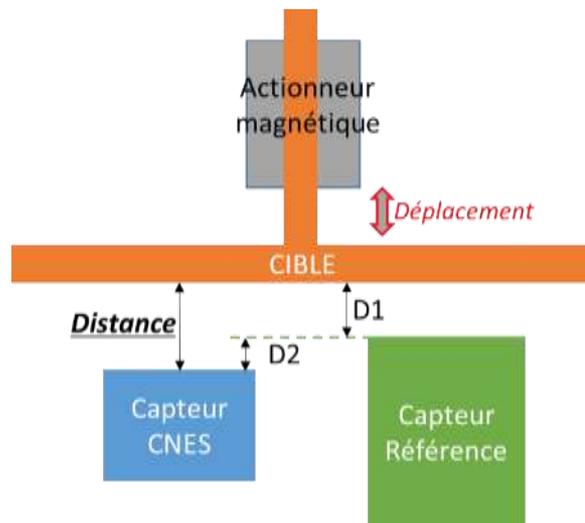
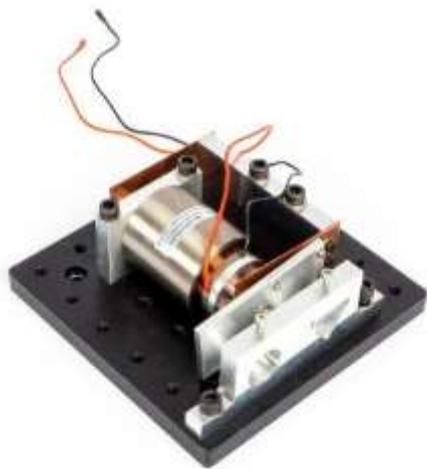


Fabrication & assemblage du capteur de proximité



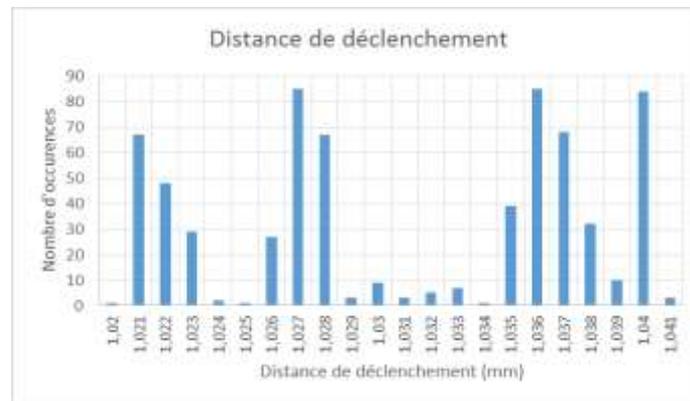
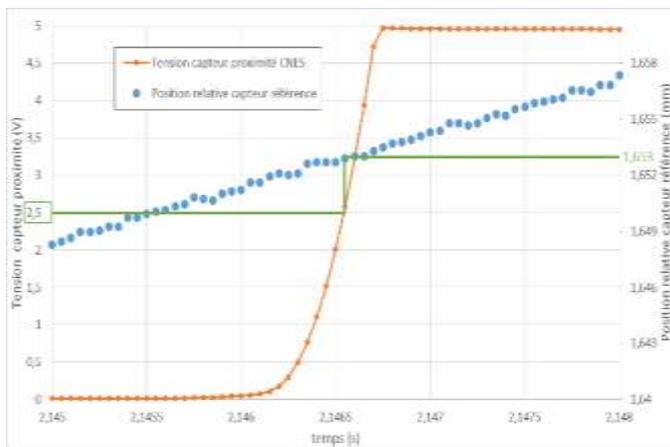
Résultats de caractérisation 1/6

- › Principe: Un MGSE permettant de réaliser une course avec un capteur de position capacitif de référence devant le capteur de proximité.



Résultats de caractérisation 2/6

› Acquisition du signal capteur de proximité et capteur de référence

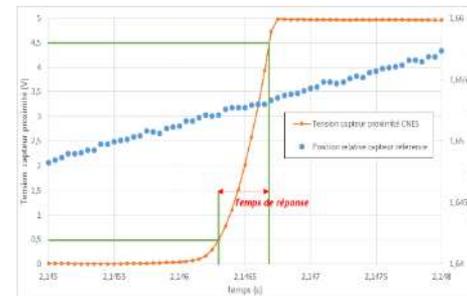
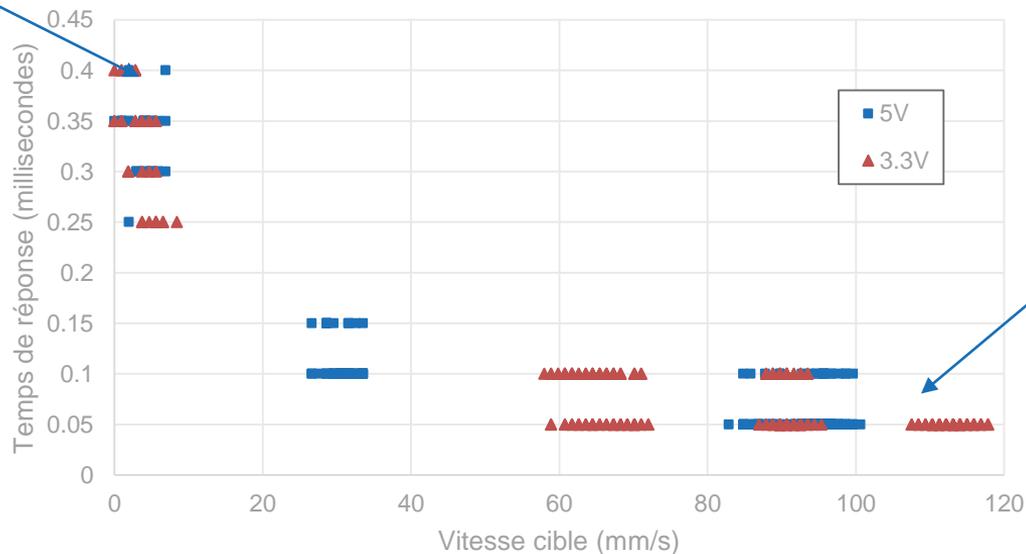


- › 5V & 3V3 front montant et front descendant à vitesse 5mm/s et 100mm/s
- › Valeur moyenne 1,03mm+/-60µm
- › Dispersion 21µm

Résultats de caractérisation 3/6

› Temps de réponse 10%-90% en fonction de la vitesse déplacement de la cible

Limite temps basculement amplificateur opérationnel



Limite temps d'échantillonnage

Résultats de caractérisation 4/6

- › Effets de la température -55°C; +25°C; +90°C – Précision de la mesure +/-60µm

Température -55°C	Alimentation 5V	Alimentation 3V3
Distance de déclenchement	1,087mm +/-4µm	1,095µm +/-4,5µm
Hystérésis moyen	6µm	7µm
Température +25°C	Alimentation 5V	Alimentation 3V3
Distance de déclenchement	1,027mm +/-2µm	1,031µm +/-2µm
Hystérésis moyen	17µm	17µm
Température +90°C	Alimentation 5V	Alimentation 3V3
Distance de déclenchement	1,048µm +/-2µm	1,052µm +/-2µm
Hystérésis moyen	3µm	3µm

Résultats de caractérisation 5/6

- › Puissance consommée:
- › Alimentation du capteur de proximité à 5V :
- › $U_{\text{réel}} = 5.0 \text{ V}$
- › $I_{\text{moy}} = 8.9 \text{ mA}$, soit **$P = 45 \text{ mW}$**

- › Alimentation du capteur de proximité à 3.3V :
- › $U_{\text{réel}} = 3.3 \text{ V}$
- › $I_{\text{moy}} = 7.3 \text{ mA}$ soit **$P = 24 \text{ mW}$**

- › Pas d'évolution significative à -55°C et $+90^{\circ}\text{C}$

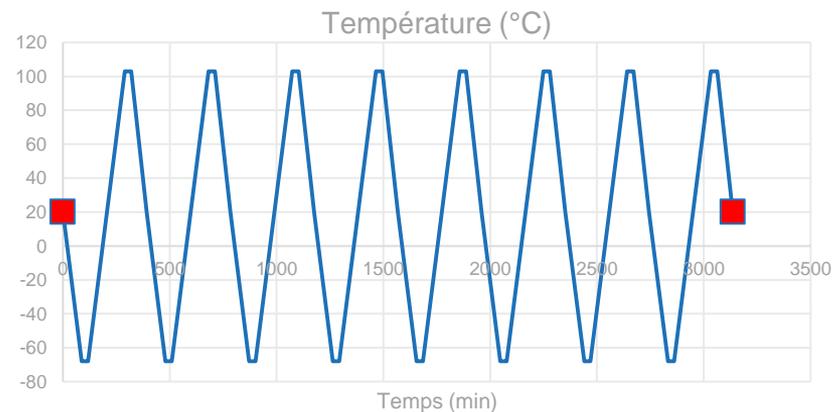
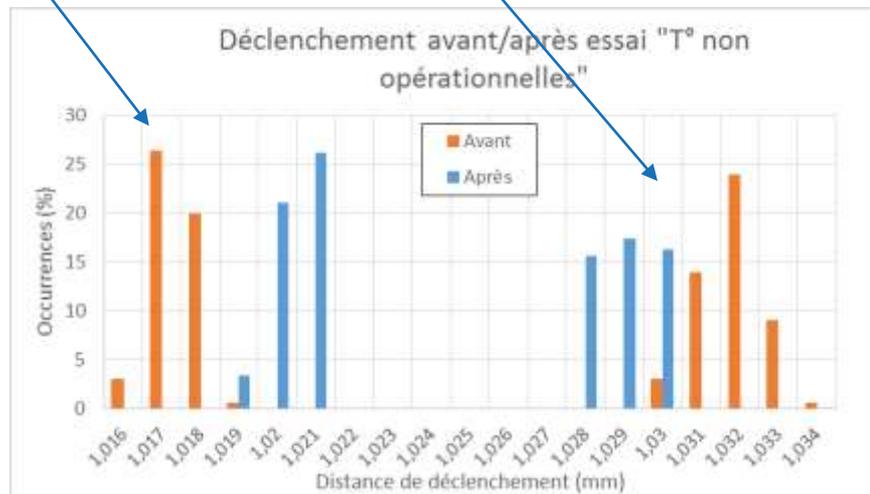


Résultats de caractérisation 6/6

- › Cyclage température non opérationnelle: [-65;+100]°C

Front descendant

Front montant



Distance de déclenchement

- >1 mm
- Répétabilité : +/- 0.1mm
- Hystérésis : < 0.1mm

Dynamique

- Temps de réponse < 1ms
- Vitesse cible < 100mm/s

Electrique

- Tension : compatible 3V3 et 5V
- Consommation < 100 mW
- Sortie : bas <0.4V, haut > 0.9V

Dimensions

- Masse < 11 g
- Taille : Ø15mm x 26mm
- Harnais : 0.1m à 5m

Environnement

- Op. : -55°C / +90°C
- Non Op. : -65°C / +100°C
- Radiation : 100 kRad
- Vide : 10⁻⁹ Torr

- › Capteur sans contact simple et sans contact
- › Matériau conducteur de faible épaisseur suffit pour faire une cible
- › Tension alimentation flexible entre 3V3 et 5V
- › Possibilité de travailler à des vitesses de défilement supérieures à 0,1m/s
- › Capteur développé à niveau TRL4 avec validation des performances [-55;+90]°C

- › CTEC souhaite remercier le CNES pour son support de cette activité et en particulier
 - Laurent Cadiergues
 - Jérôme Carron

Questions ?