

Cours de techniques des mesures

Méthode de conception d'essais et d'une campagne de mesures expérimentale

Mécanique, 6^{ème} semestre

- ◆ **Etablir les objectifs des mesures**
- ◆ **Définir le « cahier des charges » des mesures**
- ◆ **Concevoir la manipulation**
- ◆ **Choisir les capteurs**
- ◆ **Concevoir la chaîne d'acquisition**
- ◆ **Rédiger un protocole d'essai**

Les démarches sont consignées dans le cahier de laboratoire

◆ Etablir les objectifs des mesures:

- Générer de nouvelles connaissances
- Valider le modèle d'un phénomène physique
- Caractériser un système physique
- Identifier des grandeurs physiques définies
- Surveiller (passif) ou contrôler (actif) un phénomène physique

- ◆ Définir le « cahier des charges » des mesures:
 - **Grandeurs mesurées**
 - » Variables indépendantes
 - » Variables dépendantes
 - » Mesures directes
 - » Mesures indirectes
 - **Caractéristiques des grandeurs mesurées**
 - » Amplitude moyenne
 - » Amplitude et vitesse des variations temporelles
 - » Amplitude et gradient des variations spatiales
 - « **Tolérances** » de mesure
 - **Type des mesures**
 - » Uniques (essais destructifs)
 - » Répétitives (système en régime permanent)

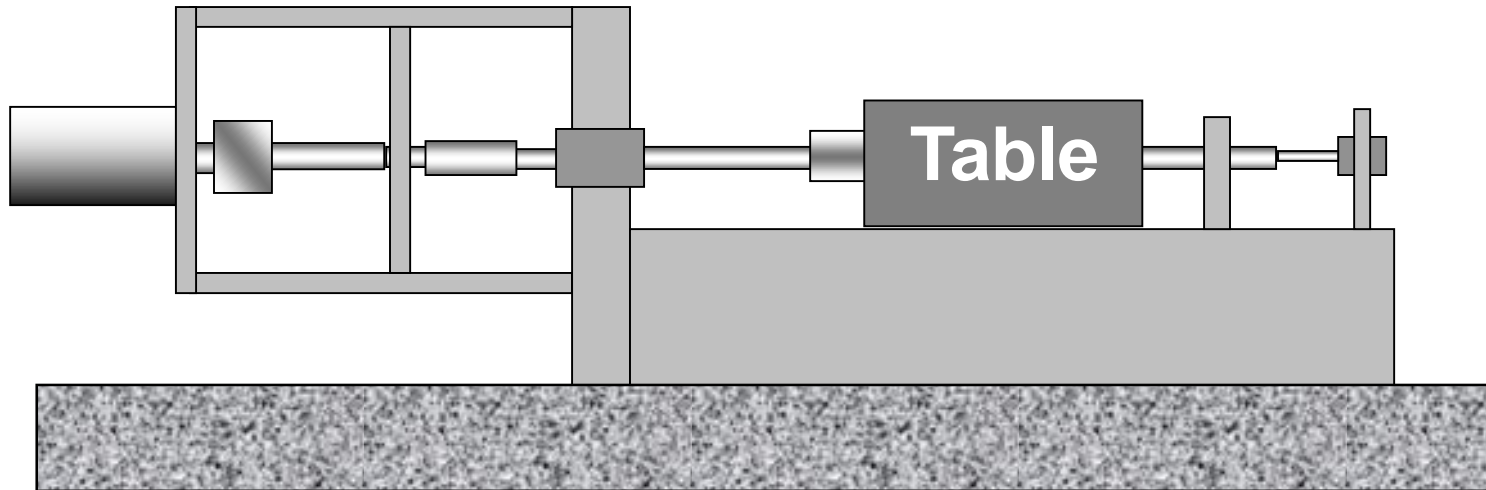
- ◆ **Conception de la manipulation:**
 - **Configuration physique**
 - » Donnée (caractérisation d'un système existant)
 - » A développer (ex: essai des matériaux)
 - **Définition des points de mesures**
 - **Redondance des mesures**
- ◆ **Choix des capteurs:**
 - **Type de mesure, avec ou sans contact**
 - **« Tolérances » de mesure (résolution et précision)**
 - **Performances dynamiques**
 - **Environnement (T, p, agressivité)**
 - **Taille**
 - **Coût**

- ◆ **Conception de la chaîne d'acquisition:**
 - **Nombre de canaux**
 - **Durée de la mesure (moyen de stockage des données)**
 - **Taux d'acquisition**
 - **Méthode de déclenchement et de synchronisation des enregistrements**
 - **Alimentation des capteurs**
 - **Isolation**
 - **Sécurisation des mesures**

◆ Protocole d'essai:

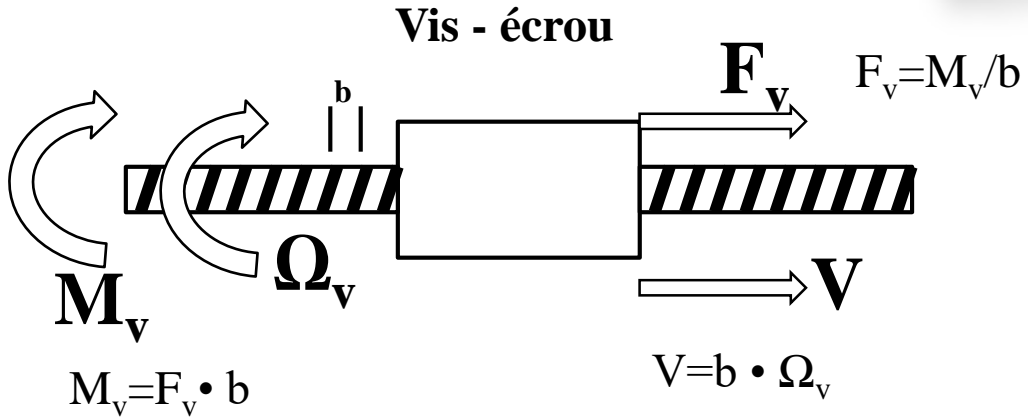
- **Planification statistique des essais (plan d'expérience + nombre de répétition d'essais pour conditions identiques)**
- **Supervision, responsabilités individuelles**
- **Procédure d'étalonnage des capteurs**
- **Schéma détaillé de la chaîne de mesure**
- **Formel du déroulement de l'essai**
 - » **Contrôle des sensibilités, vitesses d'acquisition, alimentations**
 - » **Synchronisation, déclenchement**
 - » **Sécurité**
- **Démarche après l'essai**
- **Journal d'essai**

***Exercice:
conception d'essais et réalisation de
mesures expérimentales***

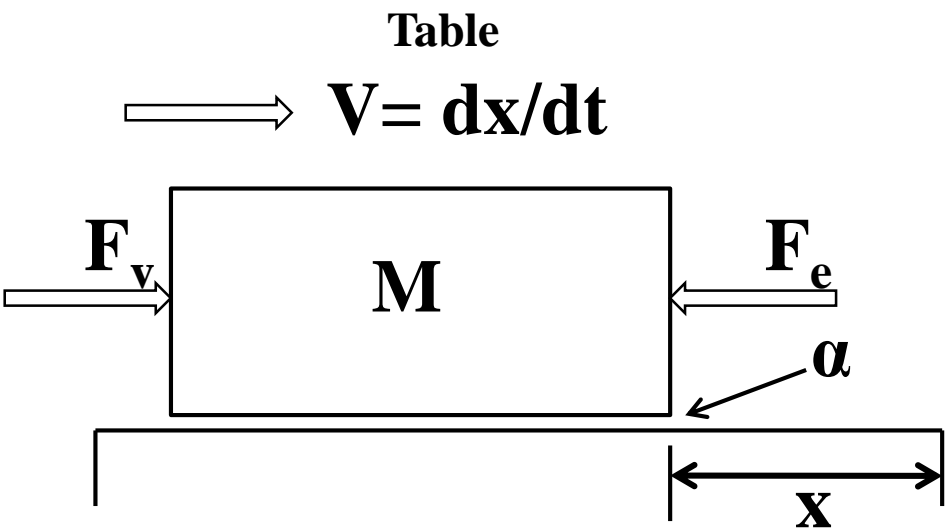


Le schéma ci-dessus représente un axe de machine outil, entraîné par un moteur et une vis à bille. On veut (1) déterminer expérimentalement la position en fonction du temps et (2) estimer la masse de la table (sans démonter le système).

Concevoir les essais à réaliser, en spécifiant le CDC pour les capteurs à utiliser.



- F_v = Force transmise à la table
- V = vitesse de la table
- M_v = couple transmis à la vis
- Ω_v = Vitesse angulaire de la vis
- b = pas de la vis
- x = déplacement de la table
- M = masse de la table
- α = coefficient de frottement visqueux
- F_e = force extérieure appl. à la table

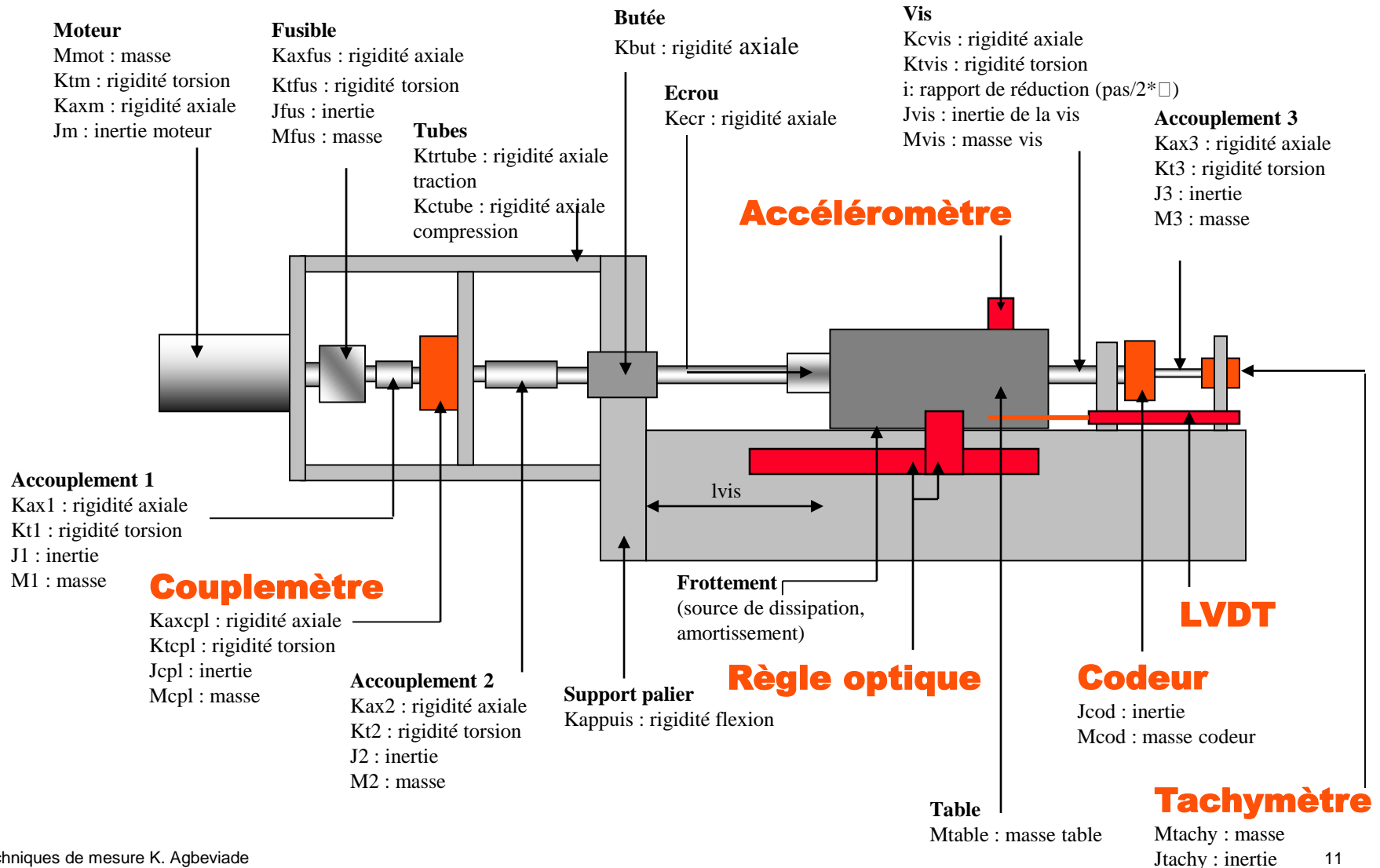


- α doit être connu ou déduit d'un autre essai
- F_v se déduit de la mesure de M_v
- V se déduit de la mesure de Ω_v ou de x et de t
- a peut se mesurer directement ou se déduire de v ou x t étant connu.

$$\sum F = M \cdot a$$

$$F_v - F_e - \alpha \cdot v = M \cdot a$$

$$M = \frac{F_v - F_e - \alpha \cdot v}{a}$$



Le journal d'essais ou Laboratory notebook

Toute "la vie" de la campagne de mesure doit être consignée dans le LNB.



◆ Attributs

Votre nom (car il vous est personnellement assigné)

Un numéro (unique dans le labo et lié à l'expérience)

◆ But

Mémoire en vue d'une reproductibilité à tout moment.

Peut faire office de document légal.

Journal de bord sérieux; pas un cahier de brouillon.

◆ Exemple de page remplie méticuleusement.

114

15 OCT 1951

LM-114-C
alt. 240 (436)
[α] -31.73 13
[β] 240 (438)

LM-114-Au
No dissolue 1g. de éther acét. de 19 new androstéridiano en 25cc de Talcum anhydros y re agrega a una solución de 1g. de Potasio en 25cc. de alcohol amílico terciario. en atmósfera de Nitrogeno en seguida se para acetileno durante la noche a temperatura ordinaria con agitación mecánica.

LM-114 (1253)
CO: -1656?
OH?
poca muestra?

LM-114-Au
inf. 1331-CHCl₃
CO: -1668
OH libre
D⁴-3-ona.

LM-114
C, 80.83
H, 8.80
[α] -20.49 43.9 +1.0
[β] -20.66 72.6 -10

$C_{20}H_{30}O_2$ - PM 298.41
C, 80.49 H, 8.78.


CH=CH.

La solución del potasio se logra por calentamiento en baño-maria agitando con 2 agitadores magnéticos en atmósfera de nitrógeno. Después del evaporar con vapor se filtran 7.8g. de acetato terciario que se manda para espectro y para análisis CH. - La muestra analítica F: 148/200° cristalizada de acetato de etilo. La substancia queda resbuelto parando el calentamiento por alumina con éter.

W. Pirramant

◆ Exemple de page vierge d'un LNB "made for EPFL".

0219 - 25
BOOK PAGE

TITLE	PROJECT
<i>Continued From Page</i>	
5	
10	
15	
20	
25	
30	
35	
40	
45	
<i>Continued To Page</i>	
SIGNATURE	DATE
DISCLOSED TO AND UNDERSTOOD BY	DATE
PROPRIETARY INFORMATION BELONGING TO  ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE	

◆ Règles et informations générales concernant le LNB

- Choisir un LNB officiel.
- Toujours l'avoir avec soi au labo
- Pages notées de manière séquentielle
- Remplissage continu
- Nouvelle expérience nouvelle page
- Erreurs tracées et non raturées
- Y écrire systématiquement au stylo à bille
- Choisir des reliures non manipulables; pas d'anneaux ni de spirales.
- Ne pas laisser autrui y écrire car strictement personnel
- Signer page en cours avant d'en commencer une nouvelle.

-

◆ Structure et éléments de remplissage du LNB

La description des expériences ou des sous parties d'expérience seront structurées comme suit.

- Date
- titre
- Introductions/énoncés du problème/objectifs
- Description des actions / procédures / relevés
- Liste de tous les paramètres de l'expérience
- Résultats
- Conclusions

◆ Structure et éléments de remplissage du LNB

La description des expériences ou des sous parties d'expérience seront structurées comme suit.

- Date
- titre
- Introductions/énoncés du problème/objectifs

Peut être complété par infos utiles: composants, adresses, contacts, ref. littérature, personnes avisées, etc...

- Description des actions / procédures

Le formel des essais ou protocole d'essais peut apparaître ici

- Liste de tous les paramètres de l'expérience
- Résultats
- Conclusions

◆ Structure et éléments de remplissage du LNB

On veillera à respecter aussi les points suivants:

- Reporter les incidents aussi
- Préserver les données sources brutes
- Commenter les données manipulées (traitées)
- Les résultats doivent être commentés
- Les conclusions doivent être commentées
- Une expérience ne doit pas dépasser deux pages de LNB si tel est le cas, diviser en sous expériences.
- Le LNB se clot par une ligne épaisse agrémentée de X également espacés.

◆ **Jouissance du LNB**

Le LNB est la propriété du labo, des commanditaires, et de l'expérimentateur.

Selon les cas, voir les clauses juridiques; surtout pour la propriété intellectuelle du contenu.

- ◆ Manipulation 1 : déplacement en dent de scie, régulateur (PID) 1
 - Enregistrer:
 - » *Le déplacement mesuré par la règle optique (D_{RO})*
 - » *La vitesse déduite de la mesure par la règle optique (V_{RO})*
 - » *Le déplacement mesuré par le LVDT (D_{LVDT})*
 - » *La vitesse mesurée par la dynamo tachymétrique (V_{TACH})*
 - Comparer V_{RO} et V_{TACH} ; identifier les différences, proposer des explications pour ces différences.
 - Intégrer V_{TACH} et en déduire le déplacement de la table (D_{TACH})
 - Comparer D_{RO} , D_{LVDT} , D_{TACH} ; identifier les différences, proposer des explications pour ces différences.

Les éléments minimaux qui doivent apparaître lors du traitement d'un thème

- **Date** : Le LNB nous y force
- **titre** : Manip 1 comparaison des déplacements et des vitesses
- **Introductions/énoncés du problème/objectifs**: Etude comparative des mesures directes et des valeurs déduites par calcul diff. de déplacements et de vitesses.
- **Description des actions / procédures / relevés**: Protocole spécifique à ce thème start sur PC, souvent judicieux de faire un schéma de l'essai.
- **Liste de tous les paramètres de l'expérience**: Plage des ADC ou des DAC, Sensibilité des capteurs, des canaux, gains et décalages des conditionneurs, facteurs de conversion, temps d'échantillonnage etc. etc.
- **Résultats** : Ils sont consignés dans le rapport xx page xx; les fichiers sont accessibles sur En tout cas commenter les résultats.
- **Conclusions**: Les valeurs obtenues par dérivation sont dans une plage de 2% par rapport aux mesures! Cette précision est suffisante pour notre application.
L'intégration.....
- **Signatures**: Le LNB nous y force

016 C
1
2
BOOK PAGE 1

TITLE Mesures d'efforts et de mouvements **PROJECT**

Continued From Page

5 Introduction / objectifs: ce TP entre dans le cadre du cours de Techniques de mesure et a pour but de nous familiariser avec les différents capteurs de mesure d'efforts et de mouvements et d'en comprendre certaines particularités.

10 Manipulation 1

La manipulation est lancée par une simple commande depuis l'ordinateur.

Conversion des résultats: D_{LVDT} : diviser par $80\,756 \cdot 10^{-3} [V/mm]$ pour passer de $[V]$ à $[mm]$.
 V_{TACH} : diviser par $0,3235 [V/s^{-1}]$ puis multiplier par le pas ($5 [mm]$) (V_{TACH} aussi en $[mm \cdot s^{-1}]$)
 Intégration de V_{TACH} pour obtenir D_{TACH} : vitesse \times pas de temps + Σ distance (D_{TACH}) précédente
 Enfin soustraire les valeurs de départ de ces capteurs pour que les courbes commencent à 0

15 D_{DRO} et D_{LVDT} sont similaires. D_{TACH} présente des différences malgré une forme générale similaire \rightarrow saturation du convertisseur qui coupe les mesures de $V_{TACH} \rightarrow$ fausse D_{TACH} (+ facteur de correction faux au début qui décale légèrement les mesures)

20 Manipulation 2

20 Manipulation 2

Lancement identique à celui de la manipulation 1

25 Conversion des résultats: calcul de A_{acc} : soustraire la position initiale pour avoir D_{acc} initiale = 0. La vitesse et l'accélération s'obtiennent en divisant deux fois successivement par le temps. A pour ces deux calculs on doit diviser $\Delta dist / \Delta temps$ pour avoir des données instantanées.

Calcul de C_{coupe} [Nm]: C_{coupe} [V] / 0,5003

Calcul de A_{acc} : mesure de A_{acc} [V] - offset puis / par (-0,014) et $\times 1000$ ([m] \rightarrow [mm])

30 Comparaison des accélérations mesurées et calculées (A_{acc} et A_{acc}): pour pouvoir comparer les 2, il faut soustraire A_{acc} à $t=0$ pour que la courbe commence à 0 (comme pour celle de A_{acc}).

Mais remarquons qu'il manque certaines oscillations et que l'amplitude mesurée est plus faible pour la courbe de A_{acc} .


35 Cela s'explique par un problème au niveau de la grande pesante de l'accéléromètre ainsi que du fait que nous sommes en dehors de sa plage de mesures ce qui entraîne des imprécisions (acc. trop faibles ici ($\sim 1/5 G$, il est fait pour $\sim 100G$)).

40 Il est maintenant nécessaire de calculer D_{acc} : nous avons effectué $A_{acc} \times pas$ de temps (61ms) / 1000 + ΣV_{acc} précédentes donne V_{acc} puis 2^{ème} étape identique pour avoir D_{acc} .

Comparaison D_{acc} - D_{acc} : la courbe de D_{acc} descend tandis que celle de D_{acc} reste autour de la référence. Néanmoins présence d'oscillations aux mêmes instants.

45 Explication: présence d'erreurs dans A_{acc} qui se traduisent graphiquement après 2 intégrations par une parchole d'erreur qui se superpose à la courbe de résultats.

Continued To Page 2

SIGNATURE	DATE	PROPRIETARY INFORMATION BELONGING TO
[Signature]	10/3/2011	 ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE
DISCLOSED TO AND UNDERSTOOD BY	DATE	

TITLE Techniques de Mesures TP **PROJECT** Mesures d'effets et de mouvements en milieu industriel.

Continued From Page 1

Feut de Wheatstone

ΔR
 M_1
 M_2
 M_3

Capteur de pression

mesure de la tension.
 Pour résoudre ce problème, remplacement des balais par des bobines.

Detecteur de proximité

Induction de courant de Foucault.
 Très précis, jusqu'à 25 µm
 @ 25 µm → 5 mm.
 matériau conducteur.

Continued To Page

DATE 10/5/2011

DISCLOSED TO AND UNDERSTOOD BY

PROPRIETARY INFORMATION BELONGING TO EPFL ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE

TITLE Technique de Mesures TP **PROJECT** Mesures d'effets et de mouvements en milieu industriel.

Continued From Page 1

Description des capteurs

LVDT - Capteur de déplacement

Mesure de déplacement absolu
 Capteur continu.

Règle optique

Déplacement incrémental.
 Avec un deuxième capteur placé orthogonalement, on détermine la phase entre les 2 signaux → on détermine le signe du capteur incrémental.

Obligation de prise de référence.

Accéléromètre

Mesure de la déformée pour obtenir l'accélération

$R = \frac{L \cdot l}{S}$

Taille de contrainte pour déterminer l'affaissement de la structure

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{\Delta R}{R}$$

Continued To Page 2

DATE 10/5/2011

DISCLOSED TO AND UNDERSTOOD BY

PROPRIETARY INFORMATION BELONGING TO EPFL ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE