

PINCES AMPEREMETRIQUES ET CAPTEURS DE COURANT

INTRODUCTION

Les pinces ampèremétriques sont destinées à étendre les capacités de mesure des multimètres, appareils de mesure de puissance, oscilloscopes, enregistreurs, centrales d'acquisition,

La pince est enserrée autour d'un conducteur parcouru par le courant dont on souhaite mesurer l'intensité sans interrompre le circuit sous test.

La pince délivre un courant ou une tension directement proportionnel à l'intensité mesurée. Elle procure ainsi une capacité de mesure et d'affichage aux appareils ayant de faibles courants ou tensions d'entrées.

Quand la mesure est effectuée, le circuit parcouru par le courant n'est pas coupé et reste isolé, du point de vue électrique, des entrées de l'appareil de mesure. Il en résulte que les entrées de l'appareil de mesure s'affranchissent des problèmes de mode commun et peuvent être soit flottantes soit raccordées à la terre.

D'autre part, il n'est pas nécessaire d'arrêter l'installation quand on utilise une pince ampèremétrique, ce qui permet un gain de temps considérable.

Associées à un multimètre tenant compte de la qualité de mesure souhaitée (tension, courant, bande passante, facteur de crête,), des mesures RMS ou TRMS sont possibles, à l'intérieur de la bande passante de la pince en usage, avec la plupart des pinces ampèremétriques Chauvin Arnoux.

Le catalogue Chauvin Arnoux comporte une grande variété de modèles de pinces ampèremétriques capables de mesurer aussi bien les courants alternatifs que continus.

Plusieurs modèles sont brevetés pour leur technique ou leur design unique.



PINCES AMPEREMETRIQUES POUR LE COURANT ALTERNATIF

Principe de fonctionnement

Les pinces ampèremétriques sont des transformateurs de courant d'un type particulier. Un transformateur (*figure 1*) est constitué par deux enroulements bobinés sur un circuit magnétique commun.

Lorsqu'un courant i_1 passe dans l'un des bobinages B_1 , il crée par le circuit magnétique commun, un courant i_2 dans le bobinage B_2 . Le nombre de tours des enroulements et les courants i_1 et i_2 sont liés par la relation : $N_1 \times i_1 = N_2 \times i_2$

où N_1 et N_2 sont les nombres de tours de chaque enroulement.

On en déduit la relation suivante : $i_2 = N_1 \times i_1 / N_2$ ou $i_1 = N_2 \times i_2 / N_1$

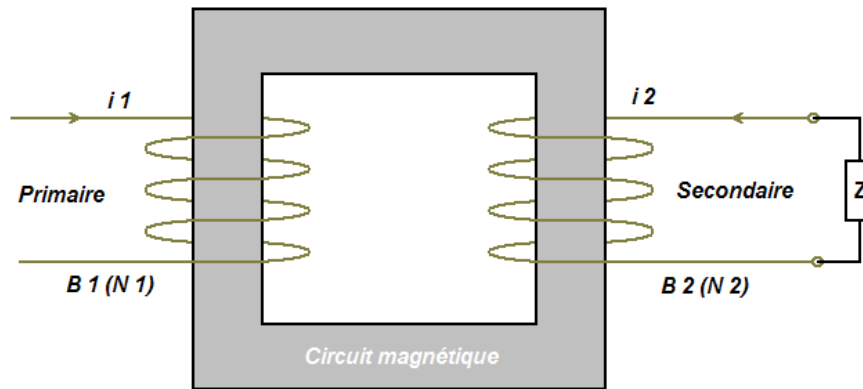


Figure 1

Le même principe est appliqué à une pince ampèremétrique (Figure 2).

Les mâchoires de la pince contiennent le circuit magnétique commun et l'enroulement secondaire B_2 . Le conducteur, autour duquel est enserrée la pince constitue l'enroulement primaire B_1 (une large spire) traversé par le courant i_1 à mesurer. La pince ampèremétrique enserrée autour du conducteur fournit une mesure proportionnelle au nombre de spires dans son bobinage B_2 , ce qui donne :

$$i_2 \text{ (courant dans la pince)} = N_1 \times i_1 / N_2$$

avec $N_1 = 1$ d'où $i_2 = i_1 / N_2$ (N_2 est le nombre de tours du bobinage de la pince)

Il est souvent difficile de mesurer i_1 directement car les courants sont trop forts pour être mesurés directement par l'appareil de mesure ou simplement parce qu'il n'est pas possible de couper le circuit en test.

Pour obtenir une adaptation de niveau convenable, un nombre connu de tours est effectué sur le bobinage de la pince.

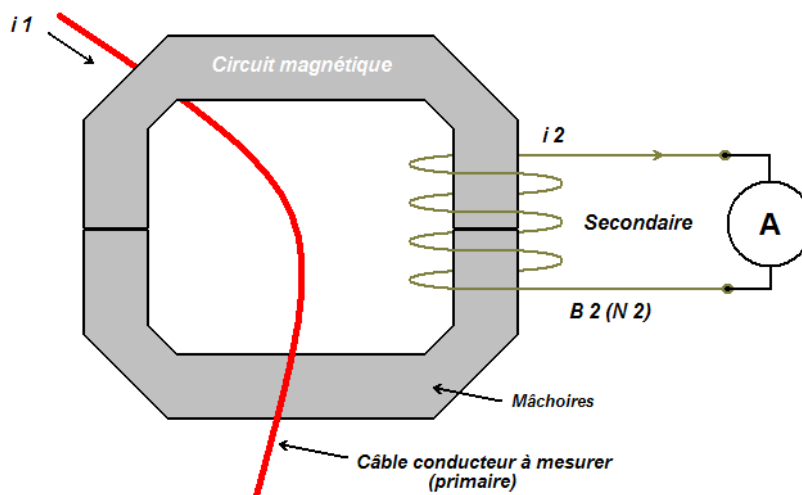


Figure 2

Le nombre de tours dans le bobinage de la pince est généralement un nombre entier (ex. 100, 500, 1000). Si $N_2 = 1000$, alors a un rapport de transformation de N_1 / N_2 de $1000/1$, plus communément écrit : 1000:1.

Une autre façon d'exprimer ce rapport de transformation et de dire que le signal de sortie de la pince est de **1 mA / A** (par exemple, d'autres rapports sont possibles). Dans ce cas, le niveau de sortie de la pince est de 1 mA (i_2) pour 1 A dans le conducteur primaire à mesurer.

Ou encore 1 A pour 1000 A, le rapport est le même, c'est la valeur à mesurer et la capacité de la pince qui diffèrent.

Il existe de nombreux autres rapports possibles : 500:5, 2000:2, 3000:1, 3000:5, ... pour des applications différentes.

La plupart des applications font appel à l'association d'une pince ampèremétrique et d'un multimètre numérique. Prenons un exemple où la pince a un rapport de transformation de 1000:1 avec une sortie de 1 mA / A. Ce rapport signifie que tout courant enserré dans les mâchoires deviendra en sortie :

Conducteur en entrée	Sortie de la pince
1000 A	1 A
750 A	750 mA
250 A	250 mA
10 A	10 mA

La sortie de la pince est raccordée à un multimètre, sur le calibre courant alternatif en accord avec le signal de sortie de la pince. Ensuite, pour déterminer le courant dans le conducteur, multiplier la valeur lue sur le multimètre par le rapport de transformation :

$$150 \text{ mA (lu sur le calibre 200 mA)} = 150 \text{ mA} \times 1000 = 150 \text{ A (dans le conducteur)}$$

Ces pinces peuvent être utilisées avec tout appareil à entrée courant, pourvu qu'ils disposent d'une bonne impédance d'entrée (Figure 3).

Les pinces peuvent aussi avoir des sorties en tension alternatives ou continues pour adapter les mesures courant aux appareils (centrale d'acquisition, oscilloscope, ...) qui ne disposent que de calibres en tension (*Figures 4 et 5*)

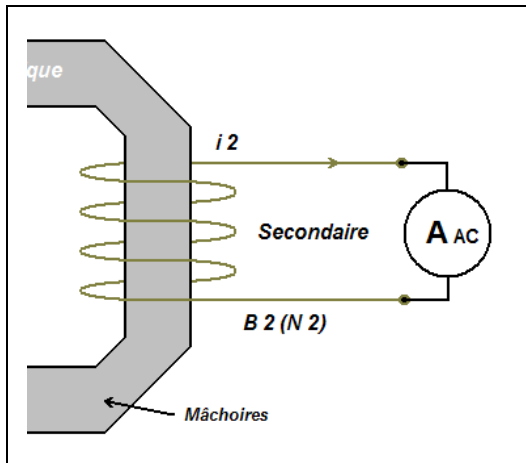


Figure 3 – Pince A AC

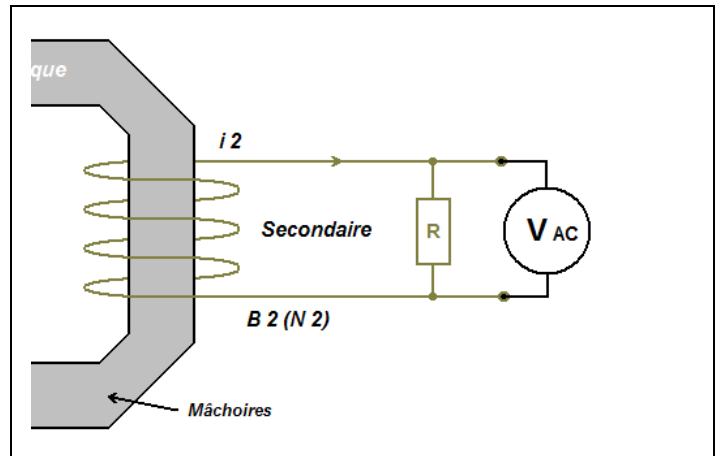


Figure 4 – Pince V AC

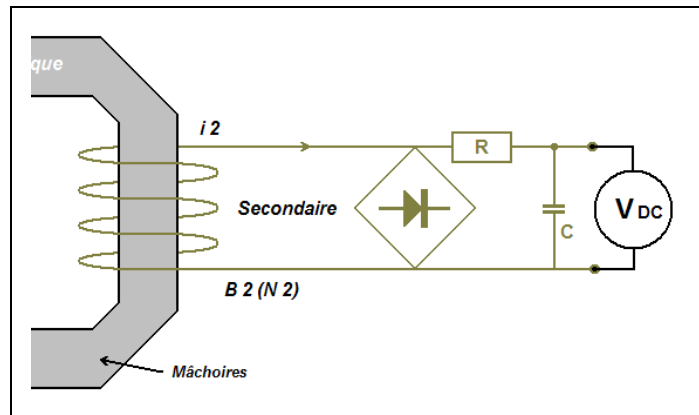


Figure 5 – Pince V AC

Cela s'effectue simplement en convertissant le courant de sortie en tension à l'intérieur de la pince. Dans ces cas là, la sortie en mV de la pince est proportionnelle au courant mesuré (1 mV AC / 1 A AC).

Autre avantage des pinces à sortie tension : la sécurité électrique.

Dans un transformateur de courant, cas de la pince A AC de la *figure 3*, le secondaire doit être en permanence chargé.

Lors d'un changement de récepteur (multimètre, oscilloscope, ...), si le conducteur en test est alimenté et qu'il se trouve encore inséré dans les mâchoires de la pince, il est alors indispensable de court-circuiter la sortie (B2) de la pince. Au moment de l'ouverture du circuit secondaire B2, celui-ci n'étant plus chargé, il verra sa tension augmenter de façon brutale et importante. Selon la valeur du courant dans le conducteur en test et la tenue en surtension de la pince, celle-ci peut être instantanément détruite avec un réel danger pour son utilisateur. C'est la raison pour laquelle il est préférable de choisir une pince à sortie tension, surtout pour les courants forts. D'autre part, tous les multimètres ont des calibres "tension", mais pas obligatoirement des calibres en entrée directe "courant".

LES PINCES AMPEREMETRIQUES POUR COURANT ALTERNATIF ET CONTINU

Principe de fonctionnement (effet Hall)

A la différence des transformateurs alternatifs traditionnels, la mesure des courants alternatifs et continus est souvent obtenue en mesurant la force du champ magnétique créée par un barreau en matériau semi-conducteur parcouru par un courant I_d en utilisant le principe de l'effet Hall.

Si un champ magnétique d'induction B (Figure 6) est appliqué perpendiculairement au sens de passage du courant, une tension V_h apparaît sur ses faces latérales. Cette tension est connue sous le nom de tension de Hall du nom du physicien Edwin HALL qui découvrit ce phénomène.

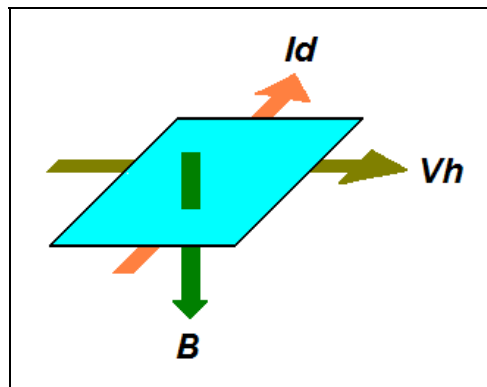


Figure 6

Quand le courant d'excitation de la cellule de Hall est maintenu constant, le champ magnétique B est directement proportionnel au courant circulant dans le conducteur.

Donc, la tension de sortie de Hall V_h est représentative de ce courant. Un tel dispositif a deux avantages pour la mesure de courant.

- 1) Le dispositif peut être utilisé pour mesurer des grandeurs continues puisque la tension de Hall dépend uniquement de la force du champ magnétique.
- 2) La réponse est instantanée car la force du champ magnétique varie avec le courant dans le conducteur. Ainsi, des signaux alternatifs de formes complexes peuvent être détectés et mesurés avec une grande précision et un faible déphasage.

La construction de base de la mâchoire d'une telle pince est montrée sur la Figure 7. Une ou deux cellules de Hall peuvent être utilisées suivant le type de pince.

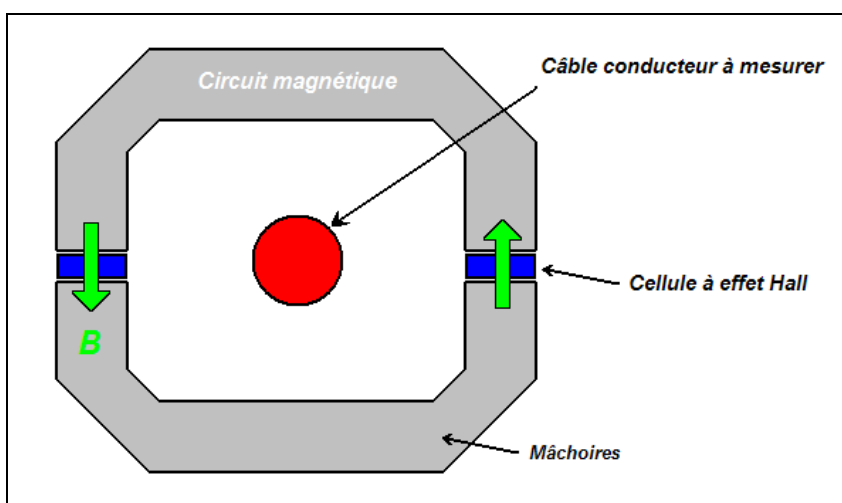


Figure 7

Les pinces pour courant alternatif et continu de Chauvin Arnoux sont développées suivant ce principe avec un circuit électronique breveté pour obtenir une sortie linéaire et un système de compensation pour la température.

Les courants continus peuvent être mesurés directement de façon économique (sans shunts de puissance) et les courants alternatifs peuvent être mesurés avec fidélité jusqu'à plusieurs dizaines de kHz pour répondre aux exigences de mesure des signaux complexes ou RMS. Ces pinces sortent en tension **mV** (mV DC pour les courants continus et mV AC pour les courants en alternatif) et peuvent être raccordées à la plupart des instruments avec une entrée tension, tels que Multimètre, Centrale d'acquisition, Oscilloscope, Enregistreur, ...).

D'autres technologies ou variantes des précédentes sont aussi utilisées, notamment Chauvin Arnoux a développé les pinces K1 et K2, selon le principe des circuits magnétiques saturés, capables de mesurer des courants très faibles AC ou DC ou TRMS AC+DC. Ce type de pince convient parfaitement à la mesure des courants faibles de Télémessure.

Les courants faibles

Avec des pinces classiques, lorsque le courant est trop faible pour la sensibilité de la pince ou pour une meilleure précision, il y a toujours la possibilité d'insérer dans les mâchoires de la pince plusieurs tours du conducteur à tester (*Figure 8*).

Dans ce cas, il convient de diviser la valeur lue par le nombre de tours du conducteur.

Courant réel = Valeur lue / Nombre de tours conducteur

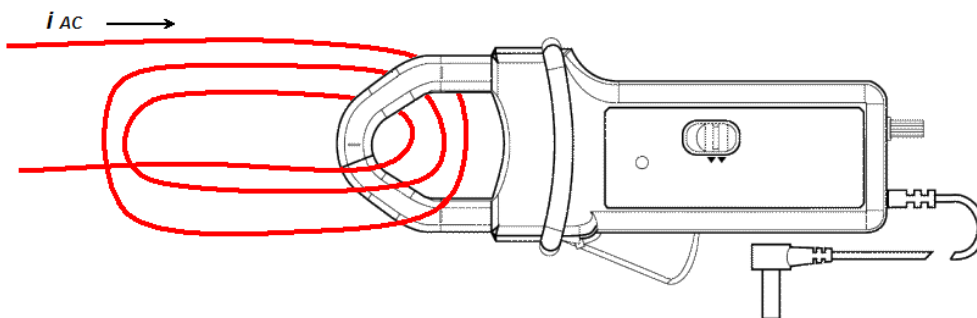


Figure 8

Dans cet exemple, si la valeur lue est de 150 A et que le conducteur en test est inséré 3 fois dans les mâchoires :

$$i_{AC} = 150 \text{ A} / 3 \text{ t} = 50 \text{ A}$$

Pour mesurer des **courants très faibles ou de fuite**, il est nécessaire de s'équiper d'une pince spéciale (ex. pince de courant de fuite) comportant de nombreux tours de fils sur son secondaire $B2$.

Deux méthodes de mesure sont possibles :

1) En monophasé, enserrer la pince autour des deux câbles représentant l'aller et le retour (i) de l'alimentation (*Figure 9 – Mesure 1*). En principe les courants dans les deux câbles doivent être de valeurs identiques mais de polarité inverse. La valeur lue est par conséquent nulle. Si cette valeur n'est pas nulle, c'est qu'un courant parasite (iF) a été généré par la charge, c'est un courant de fuite.

2) L'autre méthode consiste à effectuer une mesure de courant dans la terre de la charge (*Figure 9 – Mesure 2*). En principe, aucun courant ne doit être détecté dans cette terre. Si c'est le cas, c'est que la charge a généré un courant parasite (iF) et qu'elle présente un défaut d'isolement.

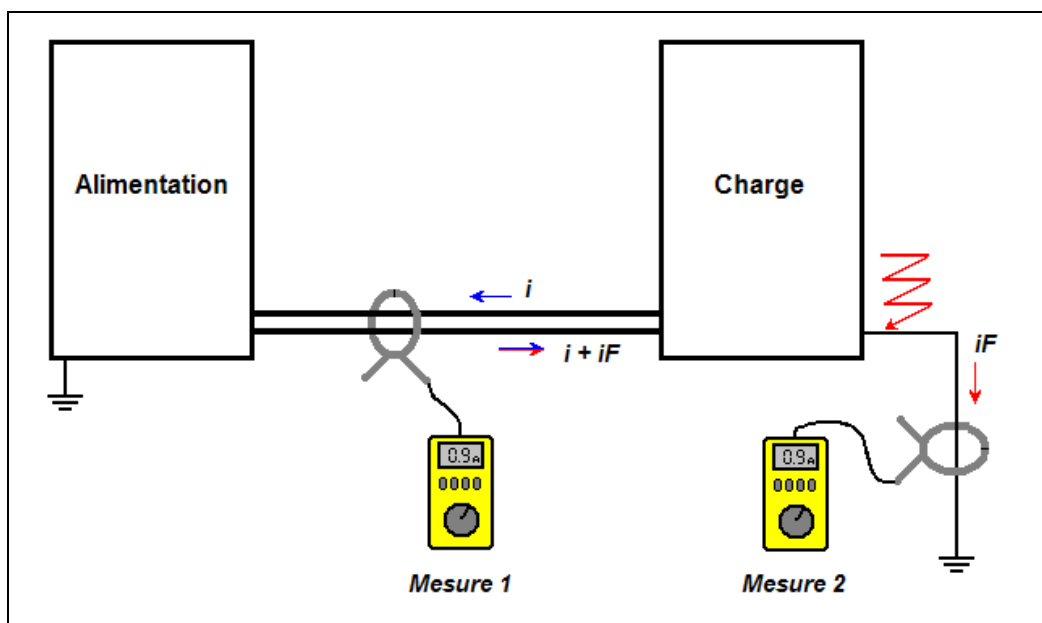


Figure 9

AUTRE CAPTEUR DE COURANT

Les capteurs flexibles (ex. AmpFlex de Chauvin Arnoux) sont constitués d'une partie active basée sur le principe de la bobine de Rogowski (*Figure 10*).

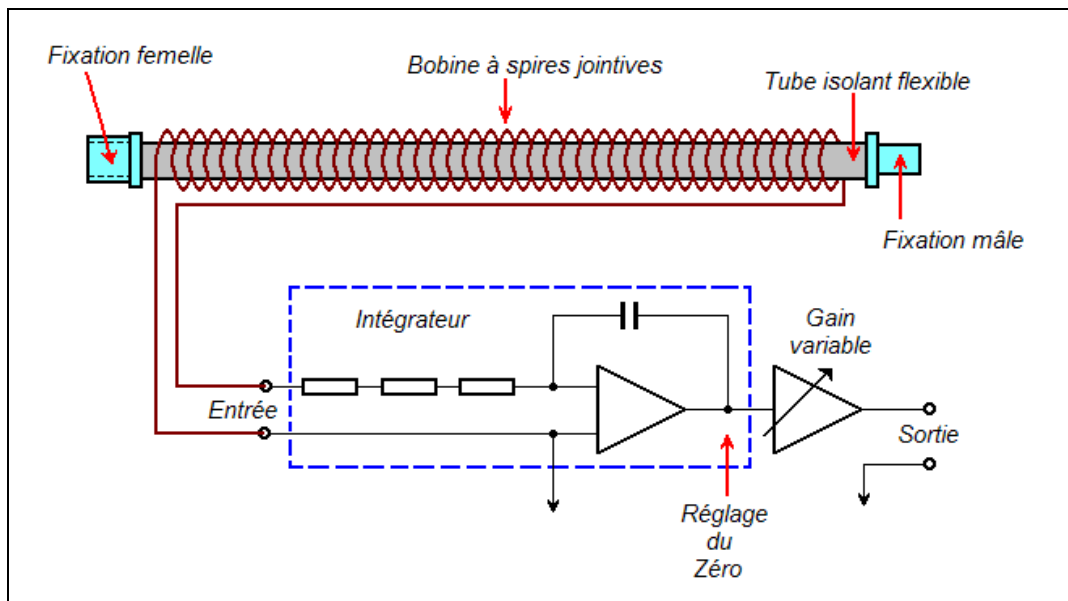


Figure 10

Le capteur est constitué d'un tube isolant souple sur lequel un fil conducteur est bobiné en spires jointives. Les extrémités du tube sont équipées d'un système de fixation verrouillage pour pouvoir constituer une boucle d'enserrage avec cet ensemble. La sortie de la bobine est suivie d'une électronique de mise en forme et de calibrage du signal.

Ce type de capteur présente de nombreux avantages, notamment :



- La flexibilité et la maniabilité pour enserrer les conducteurs, quelle que soit leur nature (câbles, jeux de barres, torons, ...),
- Faible masse du capteur par l'absence de circuit magnétique et suppression des effets de saturation,
- Grande dynamique de mesure, de quelques centaines de mA à plusieurs kA,
- Excellente précision et linéarité associées au très faible déphasage, permettant une meilleure adaptabilité aux mesures wattmétriques,
- Il y a la possibilité de constituer différentes longueurs de capteurs pour les adapter aux diamètres d'enserrage des conducteurs en test, ...

8 Questions pour sélectionner un type de pince ampèremétrique adaptée à vos applications

1) Les courants à mesurer sont-ils : alternatifs, continus ou les deux ?

Pour une mesure TRMS, vous avez besoin d'une pince capable de mesurer des signaux complexes comportant les deux types de signaux (AC, AC+DC). D'autre part, pour prendre en compte les courants harmoniques, une bande passante large est nécessaire.

2) Quel est le plus fort et/ou le plus faible courant que vous devez mesurer ?

Certaines pinces comportent une commutation permettant d'en changer la sensibilité. Pour une bonne précision de mesure, il est important de bien choisir la sensibilité de la pince. De préférence, optez pour des mesures orientées vers le dernier tiers du calibre de la pince.

3) Quelle est la taille du conducteur ou la forme des jeux de barres à mesurer ?

Vérifier que l'ouverture de la pince permet l'enserrage du ou des conducteurs et qu'ils seront centrés dans les mâchoires. Vérifier aussi qu'il y a suffisamment de place pour passer la pince entre les conducteurs (Cas des alimentations d'armoires en triphasé).

4) Quel type de signal accepte l'appareil sur lequel la pince sera raccordée (mA, mV, AC, DC) ?

Vérifier aussi l'impédance de charge minimale admissible par la pince pour une bonne précision de mesure.

5) Le déphasage occasionné par la ou les pinces est-il compatible avec vos mesures wattmétriques ?

Les pinces n'occasionnent pas toutes le même déphasage. Un déphasage minimum est indispensable pour effectuer correctement des mesures de puissance ou d'énergie.

6) La tension maximale admissible par la pince convient-elle au réseau sur lequel vous effectuez des mesures ?

La Catégorie de surtension doit aussi être vérifiée avant toute intervention (Cat. III pour les réseaux industriels, Cat. II pour les réseaux domestiques, ...).

7) La connectique est-elle adaptée au raccordement de la pince vers l'appareil ?

Il existe des sorties de pince sous forme de bornes femelles Ø 4 mm ou cordons avec fiches bananes mâles (pour les multimètres) ou bien des prises BNC (pour les oscilloscopes) par exemple.

8) La pince comporte-t-elle le marquage CE et, est-elle conforme aux normes internationales de sécurité IEC/EN 61010-1 et IEC/EN 61010-2-032 ?

La pince doit comporter les marquages suivants : marquage CE, la Classe d'isolement, la catégorie de surtension, la Tension assignée Phase/Terre, la valeur maximale de courant admissible, la Marque du constructeur, ...

A. KOHLER

Responsable enseignement