

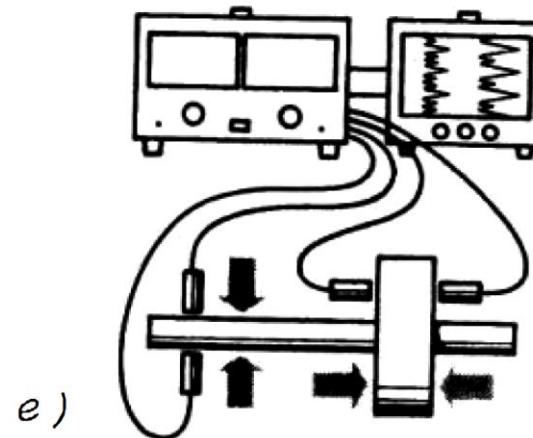
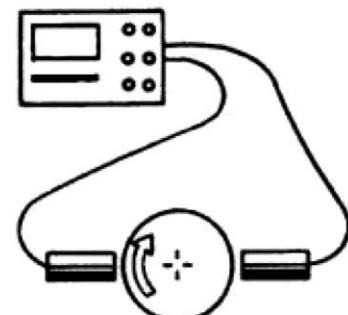
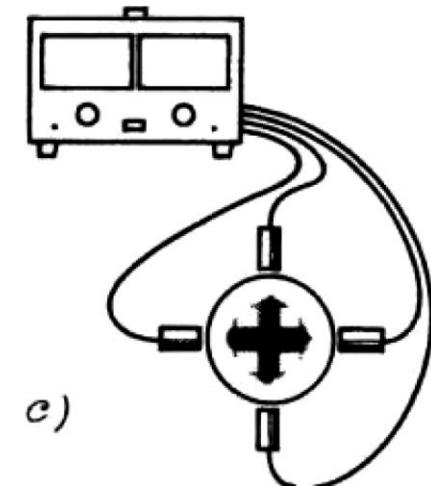
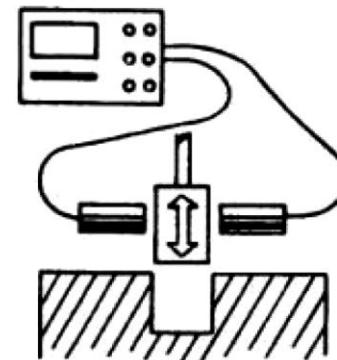
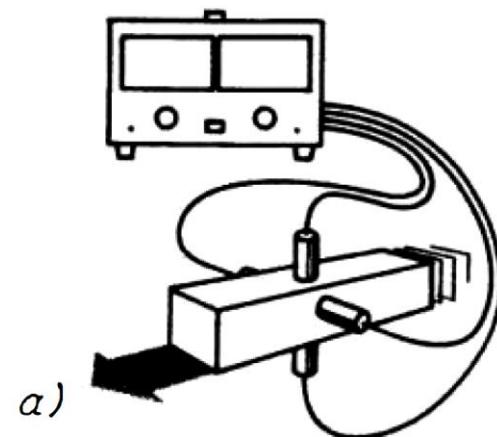
## 3.6 Capteurs de proximité

### 3.6.1 Principe

- Ce type de capteur est caractérisé par l'absence de liaison mécanique entre le dispositif de mesure et l'objet en déplacement ou cible ; c'est par l'intermédiaire d'un champ que s'établit entre eux une interaction, fonction de leur position relative :
  - champ d'induction magnétique pour les capteurs à variation de réluctance, à effet Hall ou à magnétorésistance ;
  - champ électromagnétique pour les capteurs à courants de Foucault ;
  - champ électrostatique pour les capteurs capacitifs.
- Les qualités spécifiques des capteurs de proximité sont la conséquence de cette absence de liaison mécanique :
  - une bande passante étendue ;
  - une grande finesse due aux forces très faibles exercées sur l'objet par le dispositif de mesure ;
  - une fiabilité accrue puisqu'il n'y a pas de pièces mobiles susceptibles d'usure ou de jeu.
- Leurs principaux inconvénients sont :
  - une étendue de mesure généralement faible, de l'ordre du mm ;
  - un fonctionnement non linéaire ;
  - et surtout, pour certains d'entre eux, la dépendance de leur réponse de la forme des dimensions et du matériau de la cible ainsi que de son environnement, rendant nécessaire leur étalonnage dans les conditions particulières de leur emploi.
- Les capteurs de proximité sont utilisés soit en mode analogique, soit en mode binaire :
  - dans le premier cas, l'amplitude du signal est une fonction continue de la position relative de l'objet et du capteur ;
  - dans le second cas, le niveau du signal ne peut être que haut ou bas selon que l'objet se trouve au-delà ou en deçà d'un seuil déterminé : le capteur est alors désigné comme détecteur de proximité.

Un certain nombre d'applications sont illustrées **Fig. 3.18** ; elles concernent :

- la mesure et l'asservissement de position ;
- le contrôle dimensionnel ;
- l'étude, sans perturbation, du mouvement de dispositifs à faible inertie.



a)

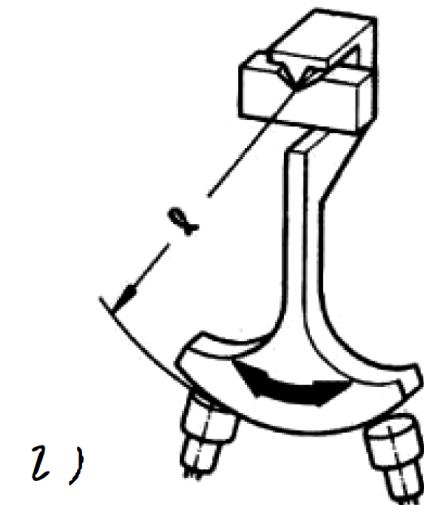
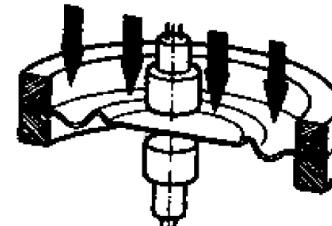
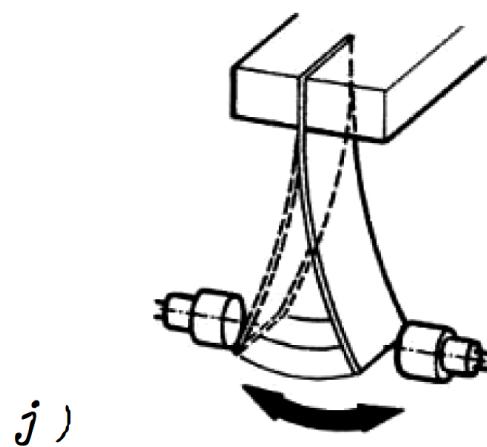
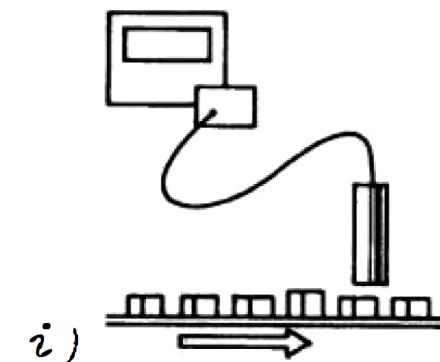
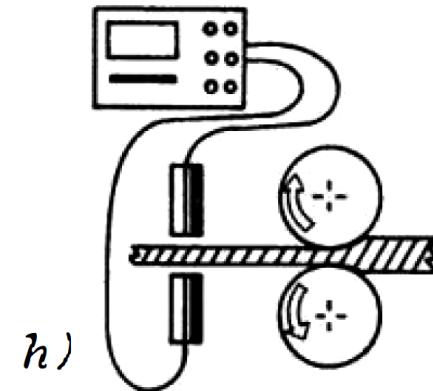
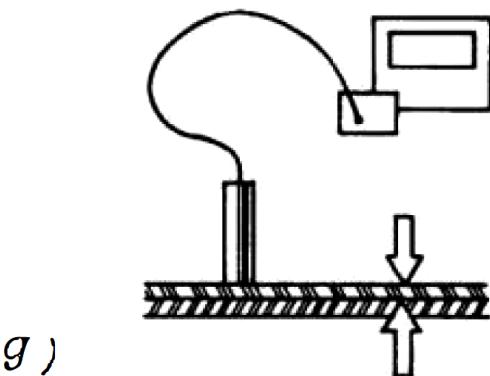
b)

c)

d)

e)

f)



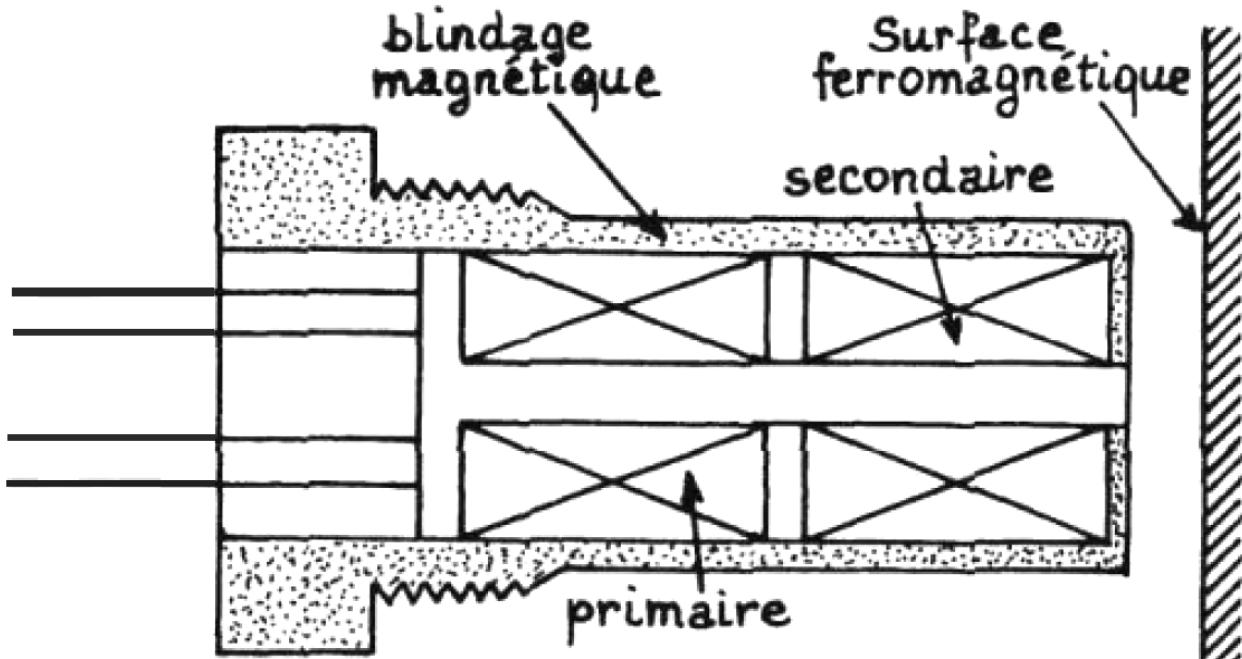
**Figure 3.18 – Applications des capteurs de proximité :** a) positionnement ; b) alignement ; c) alignement selon deux axes ; mesures : d) d'un diamètre, e) de déplacements axiaux et transversaux, f) d'épaisseur d'un film d'huile, g) d'épaisseur d'isolant (vernis, peinture) sur métal, h) d'épaisseur de métal ; i) contrôle dimensionnel. Étude de déplacements statiques (k) ou dynamiques (j, l).

### 3.6.2 Capteur inductif à réluctance variable

■ **Rappel :** La réluctance permet de quantifier l'aptitude d'un circuit magnétique à s'opposer à sa pénétration par un champ magnétique (équivalent magnétique de la résistance en électricité). L'inverse de la réluctance est appelée perméance magnétique.

■ Il s'agit d'un transformateur dont le circuit magnétique inclut l'objet en déplacement (Fig. 3.19) ; celui-ci doit donc être ferromagnétique ou du moins comporter une telle surface.

L'intervalle entre la cible et la tête du capteur jouant le rôle d'un entrefer détermine la réluctance du circuit magnétique et par suite le flux traversant le secondaire et la tension à ses bornes, lorsque le primaire est alimenté. La tension secondaire qui est le signal de mesure  $v_m$  varie de façon non linéaire, selon une loi qui est sensiblement de la forme :



27

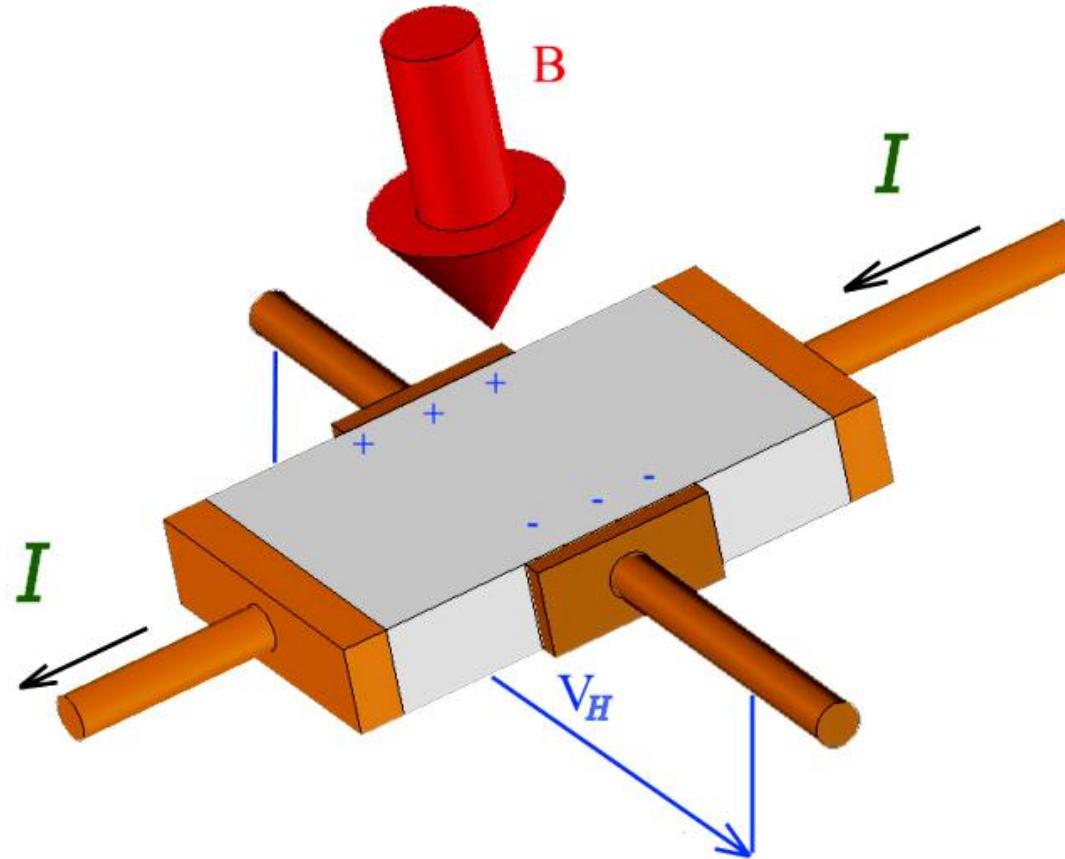
Figure 3.19 – Capteur de proximité à réluctance variable.

$$v_m = v_{m0} \cdot \frac{1}{(1 + ax)^2}$$

où  $x$  est la distance du capteur à la cible,  $v_{m0}$  et  $a$  dépendant en particulier de la perméabilité magnétique de la cible, de sa forme et de ses dimensions.

### 3.6.3 Capteur à effet Hall

■ L'effet Hall se manifeste par l'apparition d'une différence de potentiel  $V_H$  perpendiculairement aux lignes de courant d'un conducteur placé dans un champ d'induction  $B$  : la tension Hall  $V_H$  dépend de la direction et de la valeur de  $B$ . L'effet Hall est la conséquence de la force de Laplace qui s'exerce sur les charges électriques en mouvement (Fig. 3.20).



28

**Figure 3.20 – Schéma de principe de la sonde à effet Hall.**

■ Le capteur à effet Hall est constitué :

- par la sonde, plaquette généralement semi-conductrice parcourue par un courant, aux bornes de laquelle est mesurée la tension Hall ;
- par l'aimant qui produit un champ d'induction  $B$  dont la valeur sur la sonde dépend de sa position : il en est donc de même de la tension  $V_H$ .

■ L'un des éléments, sonde ou aimant, est fixe l'autre étant lié à l'objet mobile (**Fig. 3.21**). La composante normale de l'induction magnétique  $B_N$  qui dépend de la distance  $x$  entre l'aimant et la sonde. Ainsi l'aimant avec  $B_N$  joue le rôle de corps d'épreuve pour la détermination de la tension  $V_H$ , suivant l'expression :

$$V_H = K_H \cdot I \cdot B(x)$$

La sensibilité de la sonde est :

$$S_{B_N} = \frac{\Delta V_H}{\Delta B_N} = \frac{K_H \cdot I}{e}$$

La sensibilité à l'induction,  $S_{B_N}$ , est proportionnelle au courant  $I$  parcourant la sonde et elle dépend de sa réalisation : épaisseur  $e$  et choix du matériau par  $K_H$ .

Lorsque le capteur est utilisé pour la traduction de positions ou de déplacements, l'aimant qui crée l'induction apparaît comme le corps d'épreuve sur lequel agit le mesurande primaire - position ou déplacement - modifiant le mesurande secondaire,  $B_N$ , auquel est immédiatement sensible. La sensibilité à la position  $S_x$  a pour expression :

$$S_x = \frac{\Delta V_H}{\Delta x} = \frac{K_H \cdot I}{e} \cdot \frac{\Delta B_N}{\Delta x}$$

soit :

$$S_x = S_{B_N} \cdot \frac{\Delta B_N}{\Delta x}$$

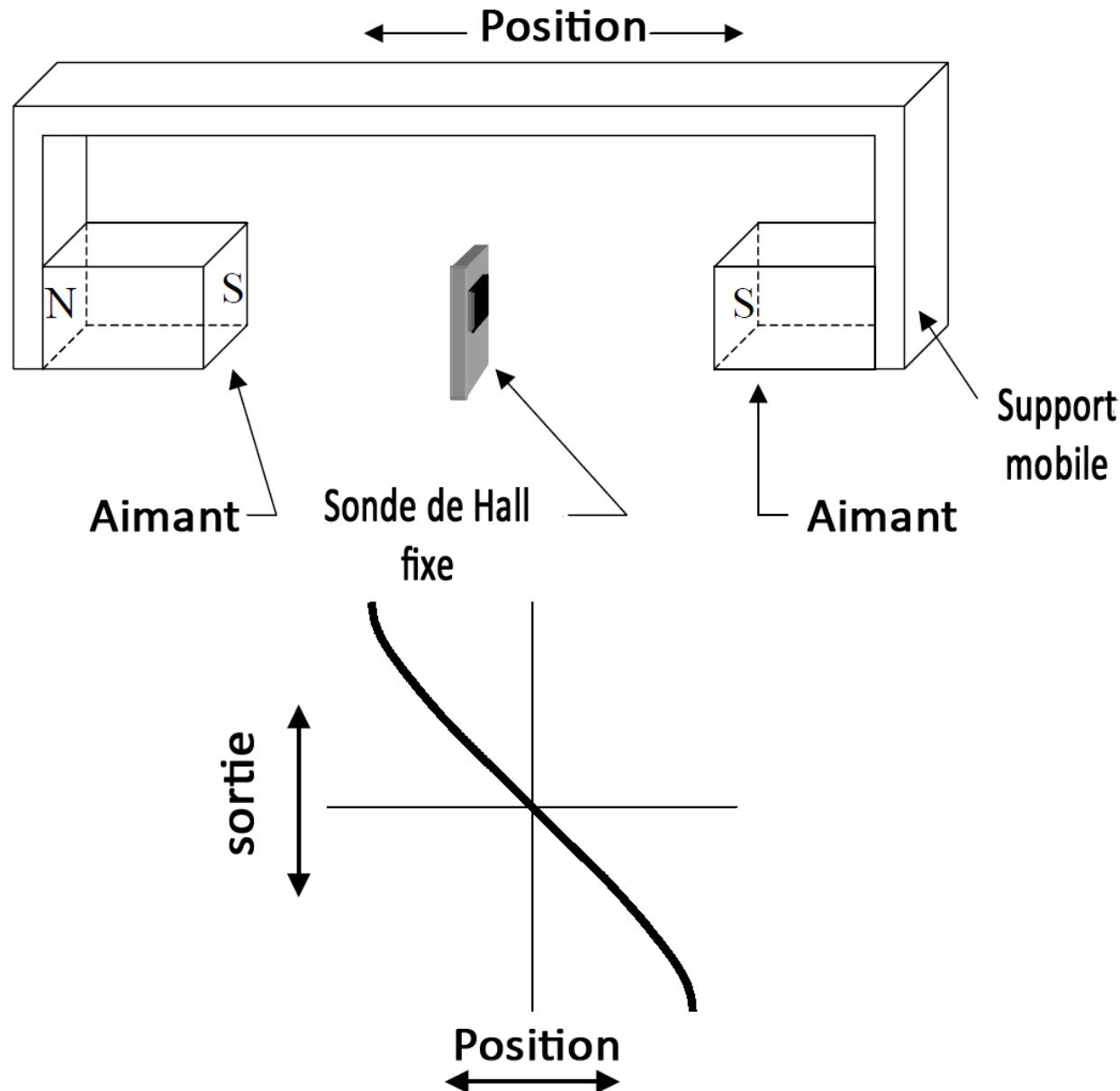
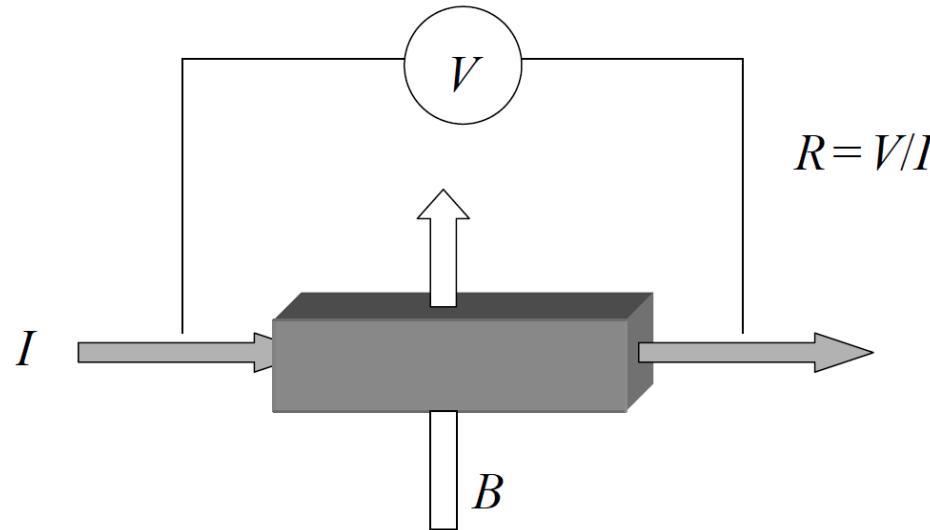


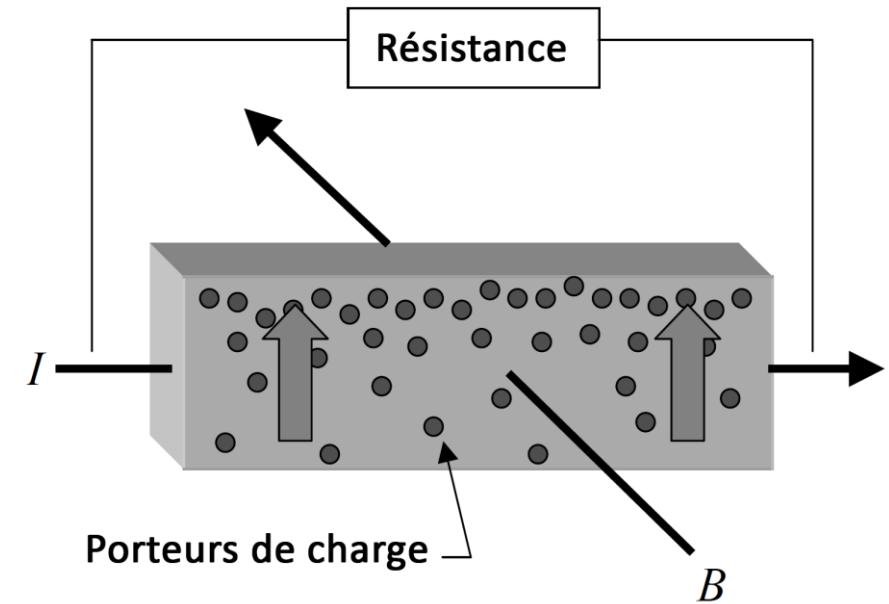
Figure 3.21 – Réalisation pratique à base du capteur de Hall.

### 3.6.4 Capteur magnétorésistif

Il est constitué au moyen d'une résistance dont la valeur dépend de l'induction magnétique dans laquelle elle est placée ; un capteur de proximité est réalisable, lorsque par le biais d'un champ d'induction magnétique, la valeur de la résistance dépend de sa position par rapport au circuit magnétique, source de l'induction.



**Figure 3.22** – L'induction magnétique,  $B$ , est perpendiculaire au flux de courant  $I$ .

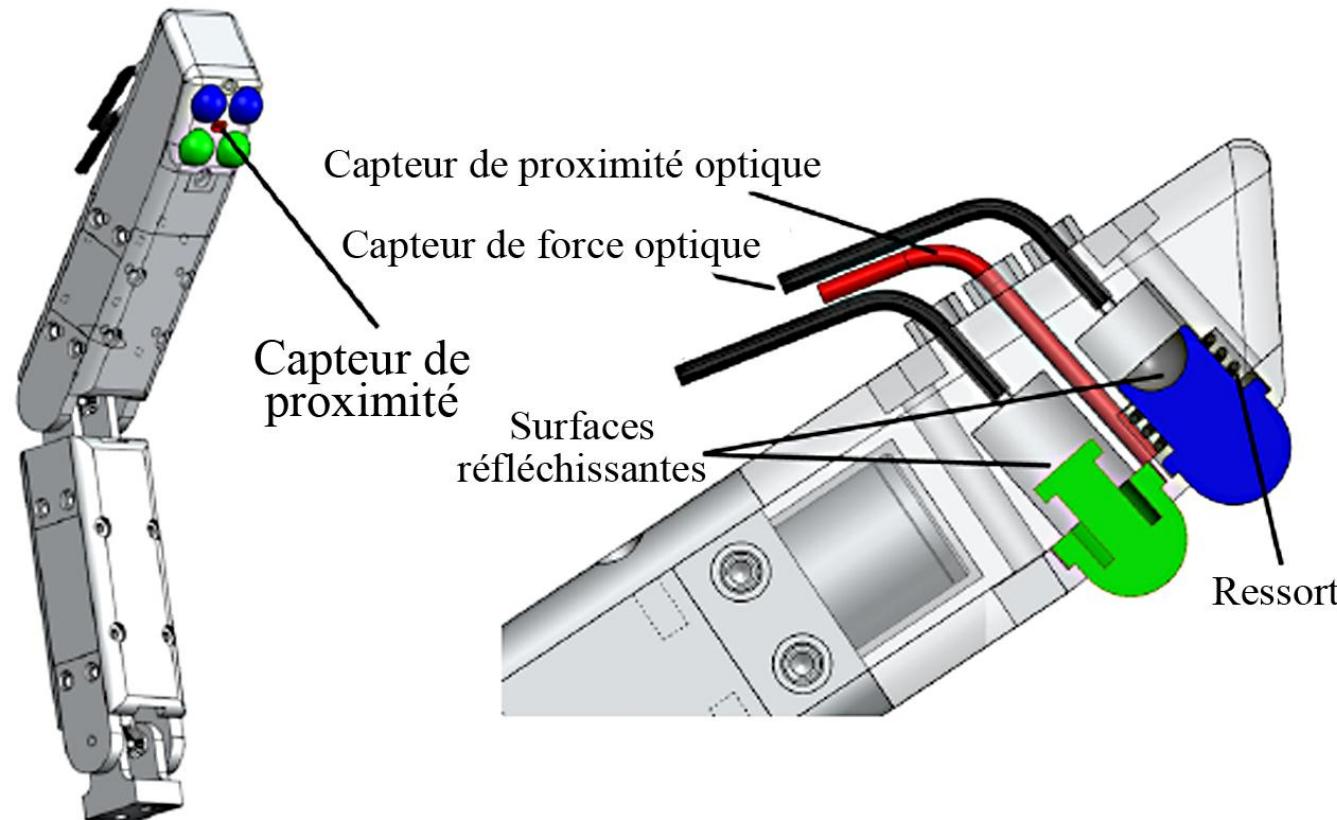


**Figure 3.23** – Dans un conducteur, les porteurs de charge sont déplacés vers un côté par l'induction magnétique,  $B$ .

Davantage de porteurs de charge sont forcés d'un côté (en haut de la figure) (**Fig. 3.23**), ce qui laisse moins de porteurs de l'autre côté (en bas). La magnétorésistance se présente alors par une augmentation de la résistance due à la disponibilité de moins de porteurs de charge lorsque le champ magnétique est appliqué. Le changement de la résistance provient de la combinaison des deux parties. C'est une réduction de la vitesse des porteurs à l'intérieur du conducteur due au déséquilibre dans la distribution des porteurs en volume.

La résistance varie selon :

$$\text{résistivité} = \frac{\text{tension}}{\text{densité des porteurs} \times \text{vitesse des porteurs}}$$



**Figure 3.24** – Utilisation des capteurs de proximité optiques (fibre optique) pour la préhension des prothèses de main.

### 3.7 Principales application médicales

- Dentisterie (odontologie) : occlusion des dents
- Prothèses des membres, genou, etc. (**Figure 3.24**)
- Positionnement des lits d'hôpitaux.
- Biométrie (empreinte digitale)
- Téléchirurgie et robotique médicale