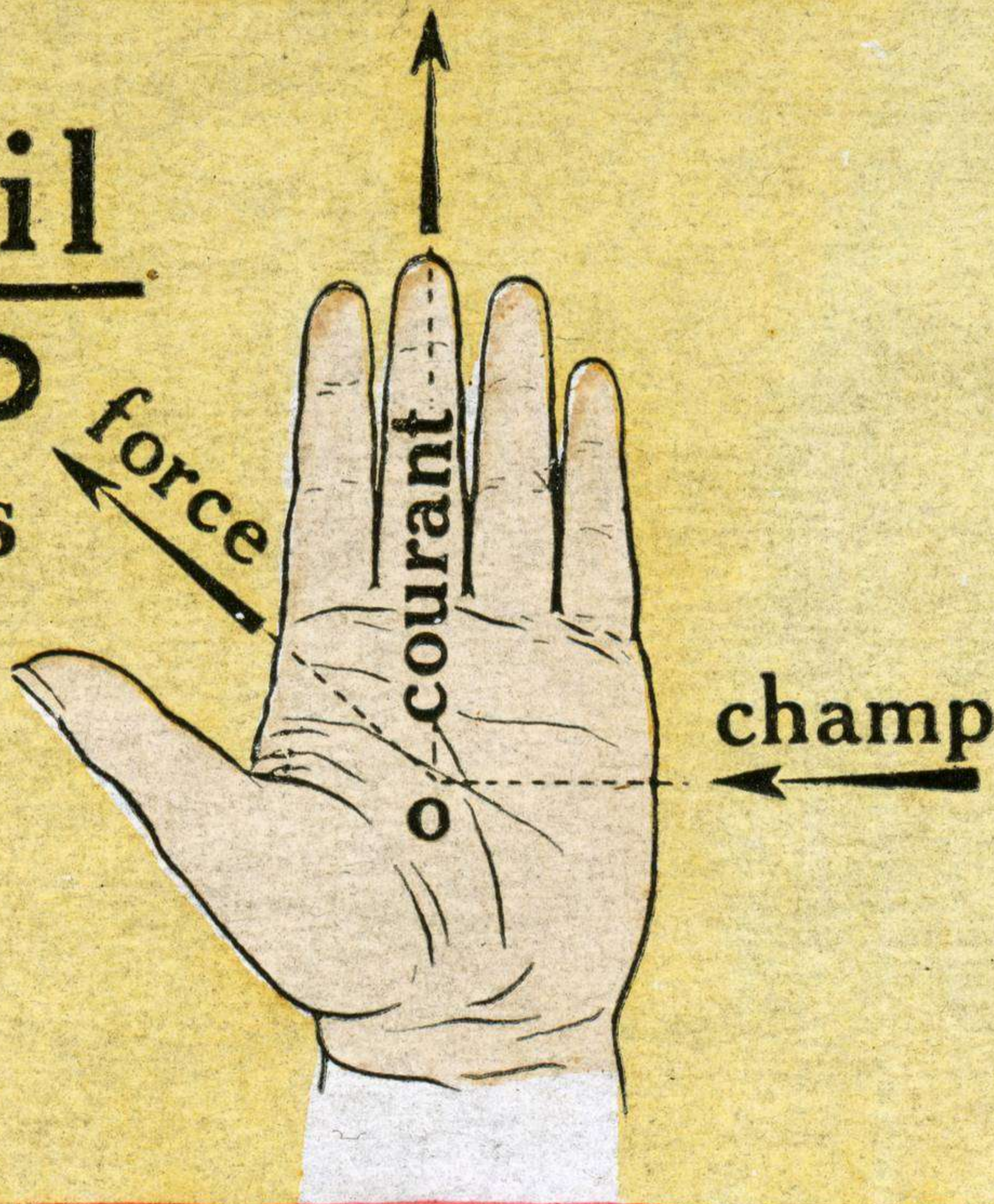


Action d'un champ magnétique  
sur un courant  
**FORCE ELECTROMAGNETIQUE**

$$F = \frac{Hil}{10}$$

en dynes

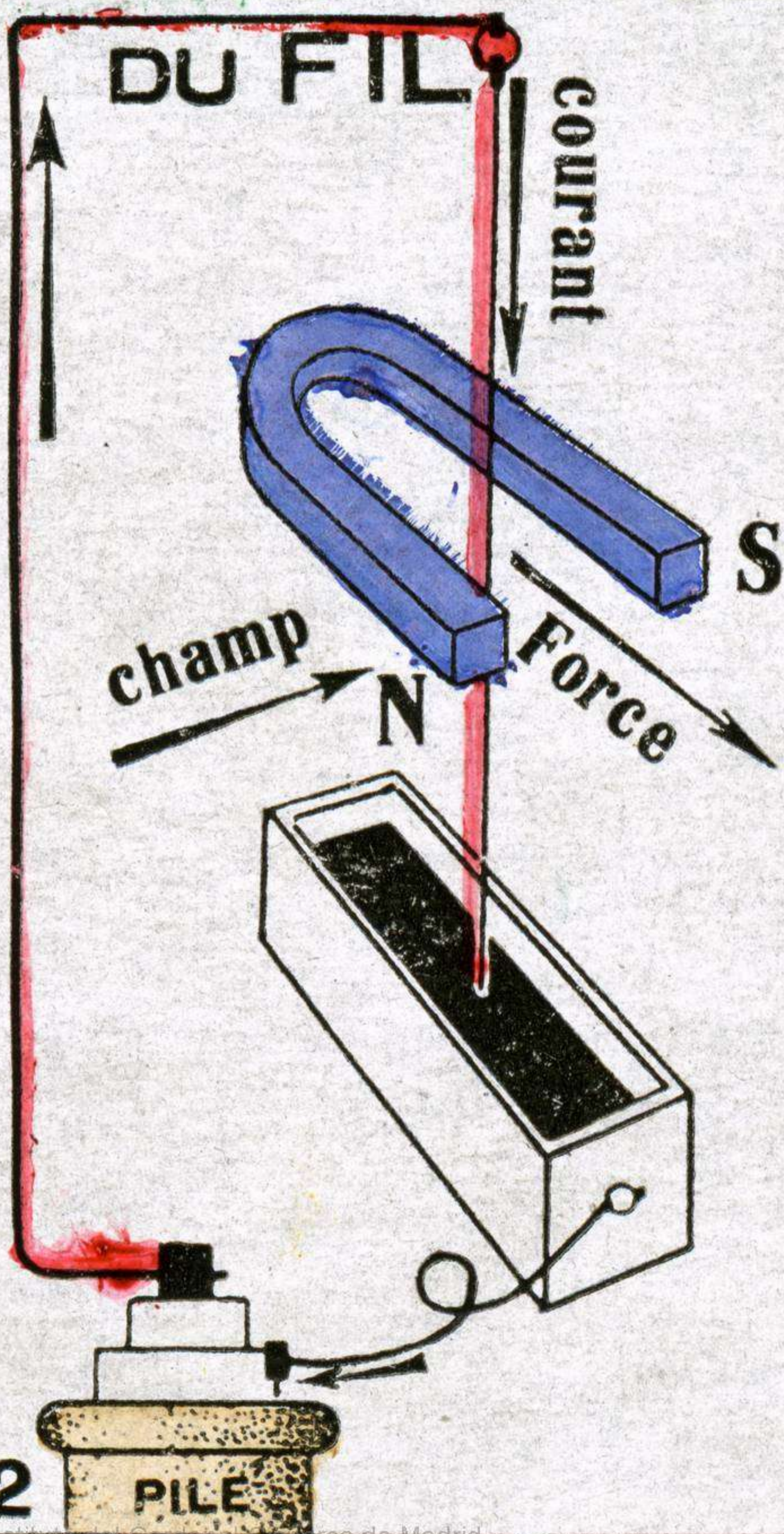


1

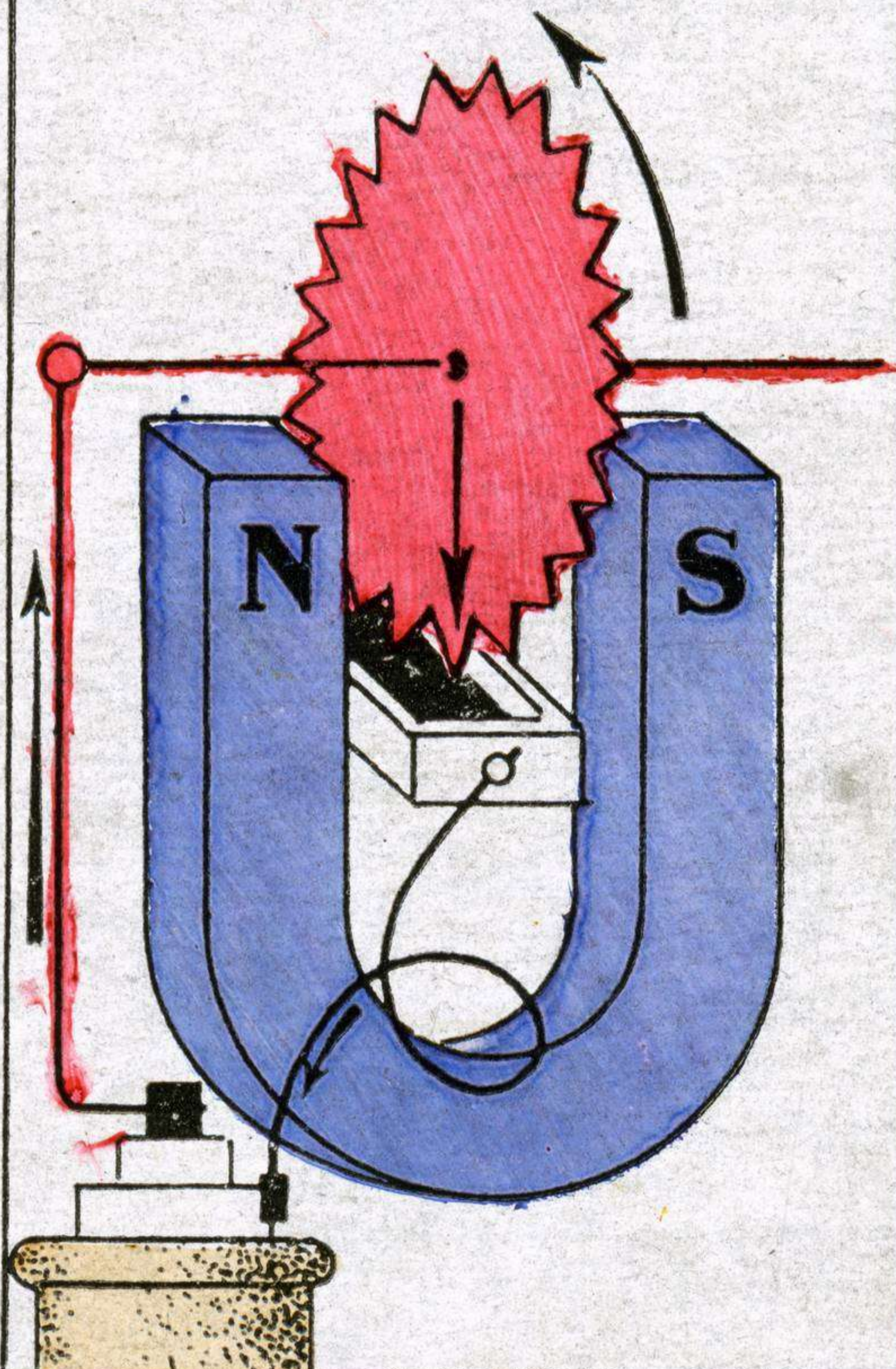
**REGLE DE LA MAIN GAUCHE**

# VERIFICATION

## EXPERIENCE



## ROUE DE BARLOW

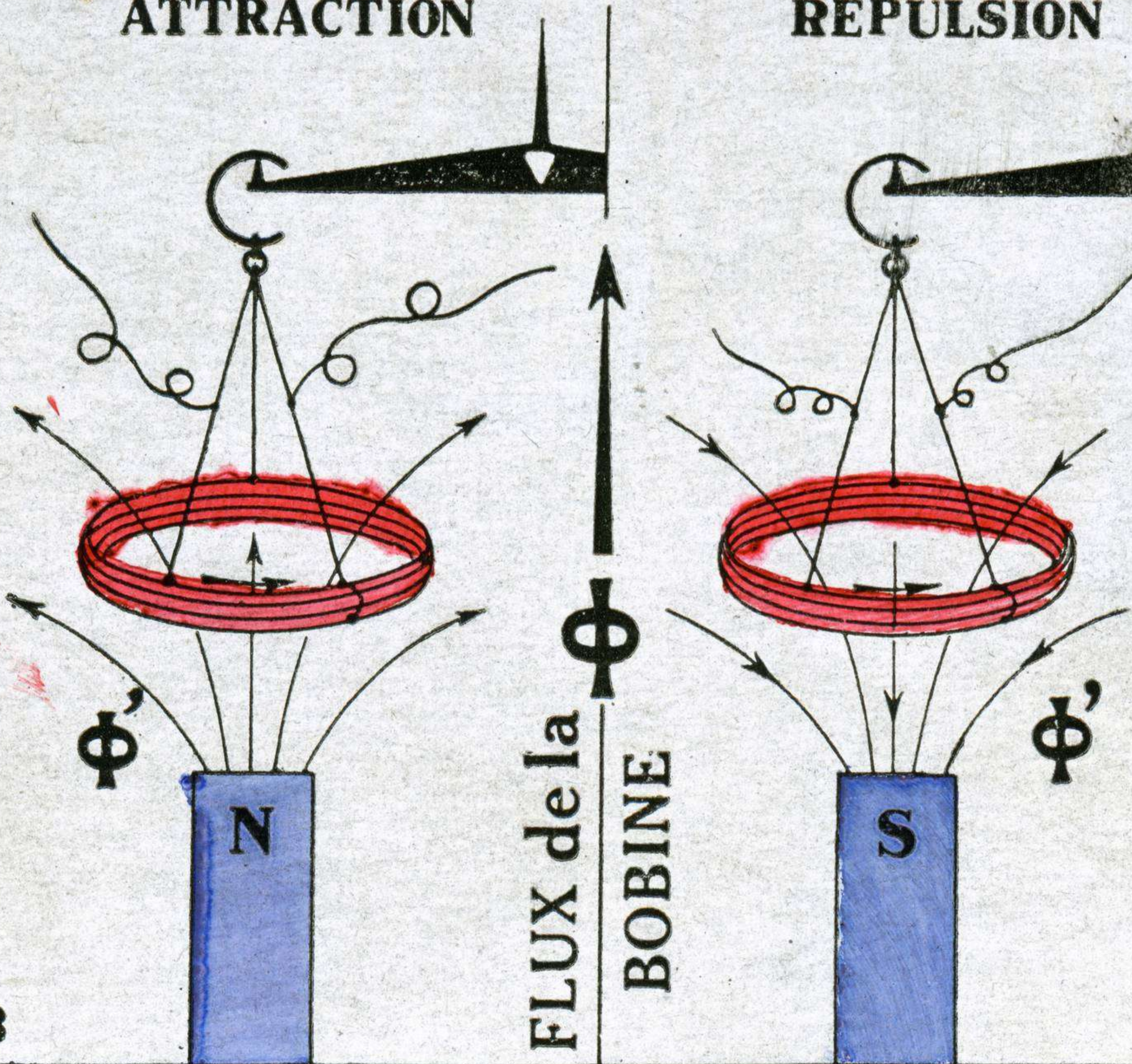


# Champ magnétique

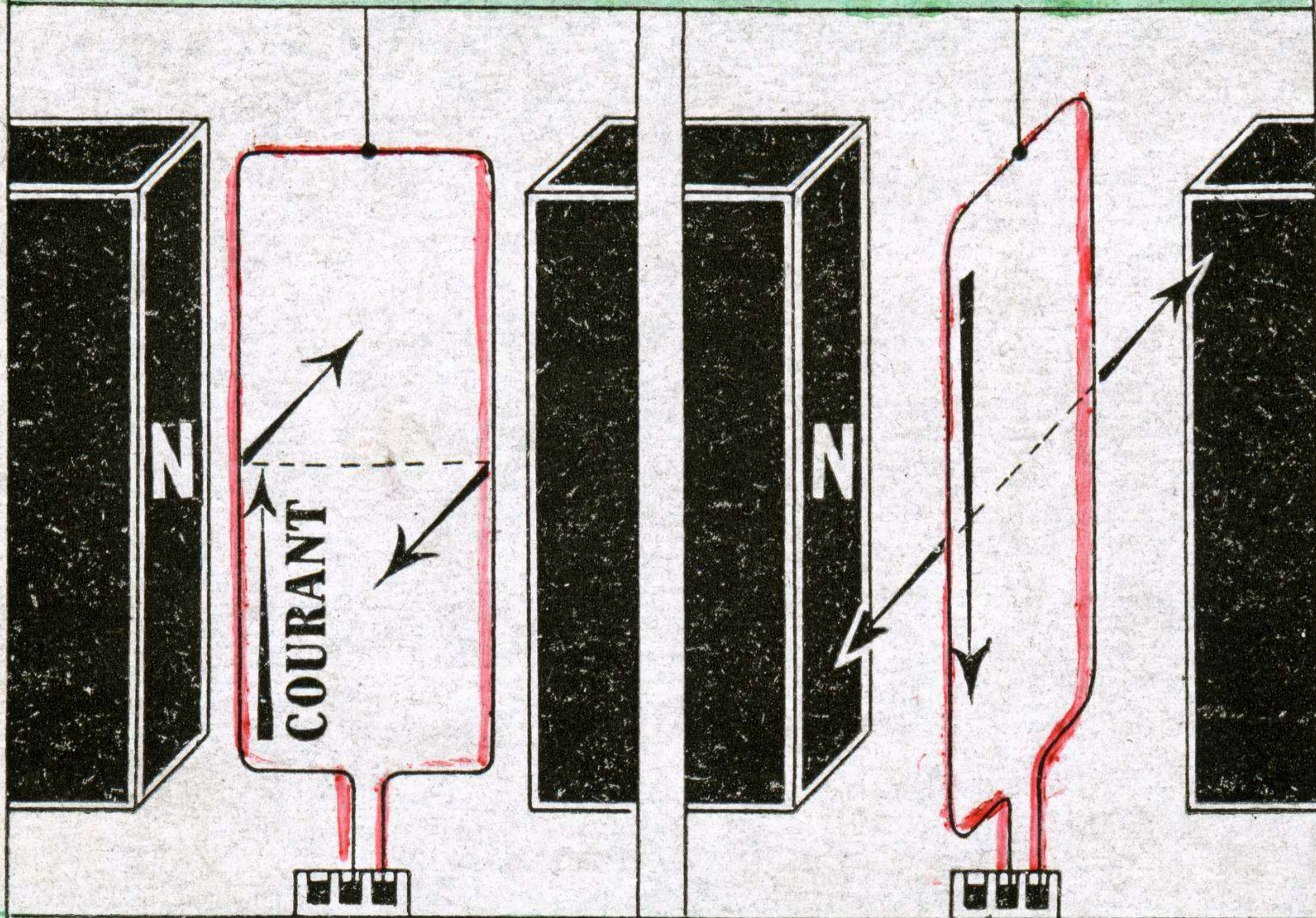
## TRANSLATION d'un CIRCUIT

ATTRACTION

REPULSION

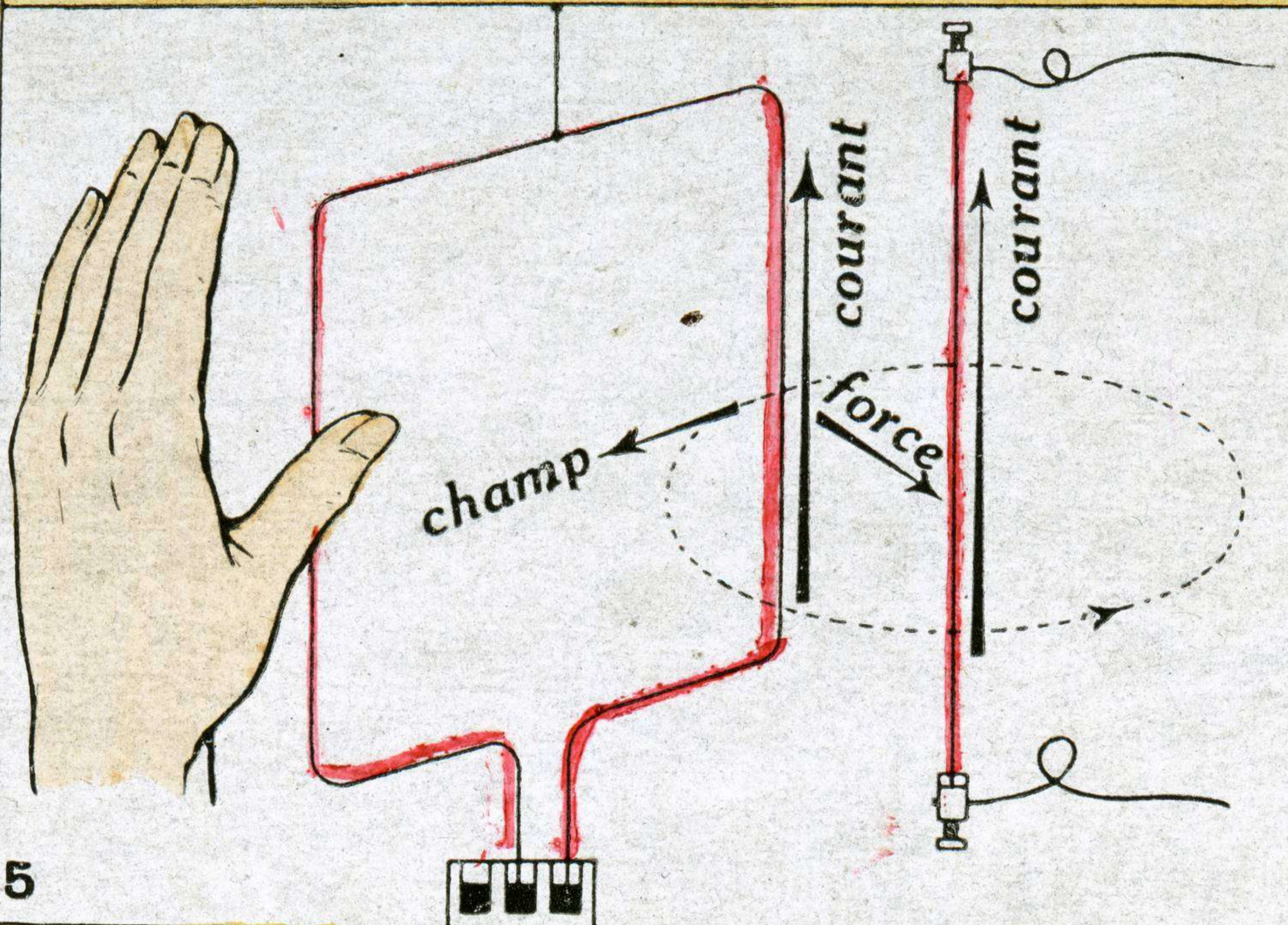


# — Champ magnétique — ROTATION d'un CIRCUIT



4 Jusqu'au flux maximum

# ACTION DES COURANTS — — SUR LES COURANTS



5

de même sens ils s'attirent —  
de sens contraire ils se repoussent

# TRAVAIL ELECTROMAGNETIQUE

$$W = \frac{Hil}{10} e = \frac{HSi}{10} = \frac{i \text{ FLUX}}{10} \text{ ergs}$$

Courant

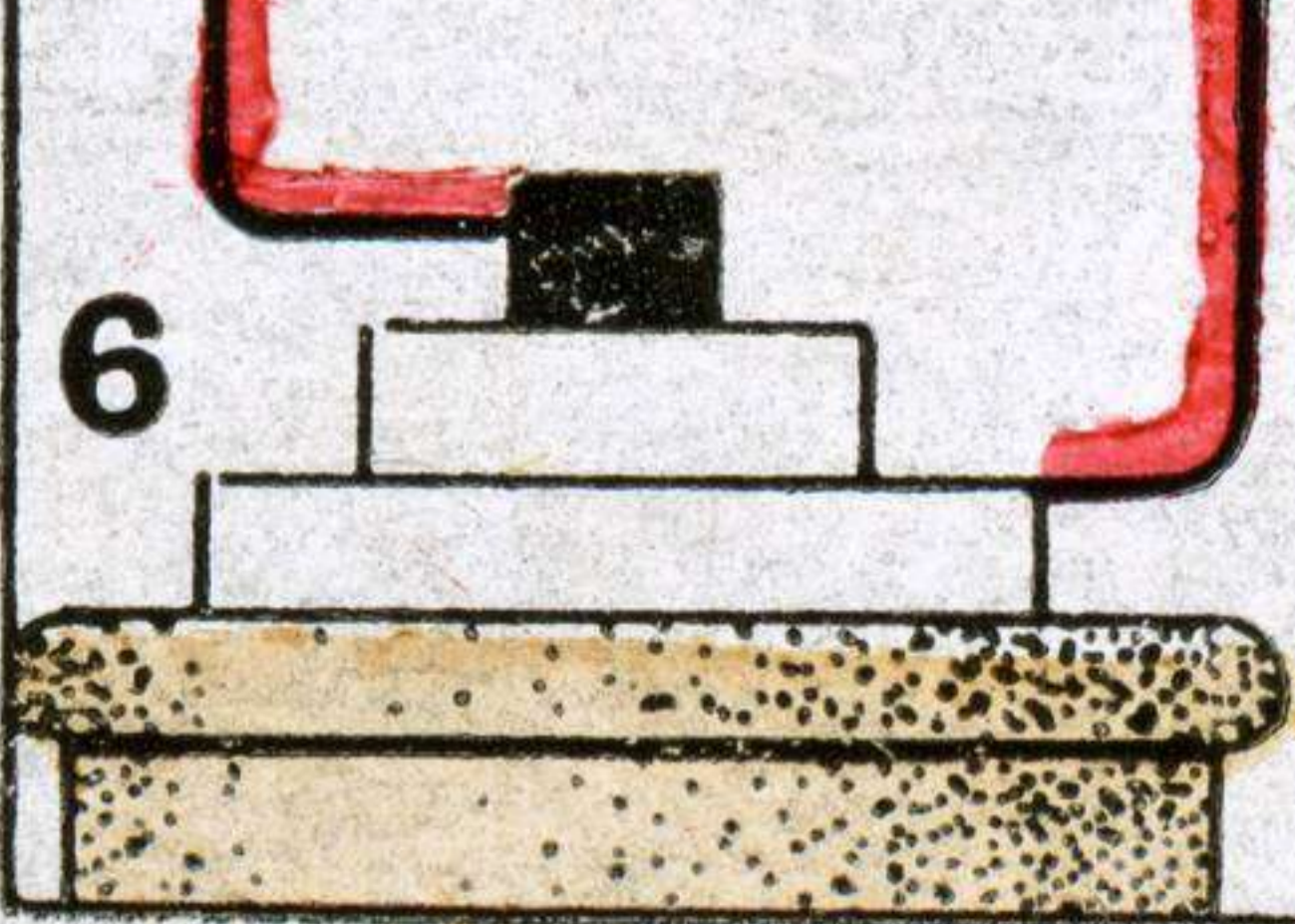
CHAMP

force

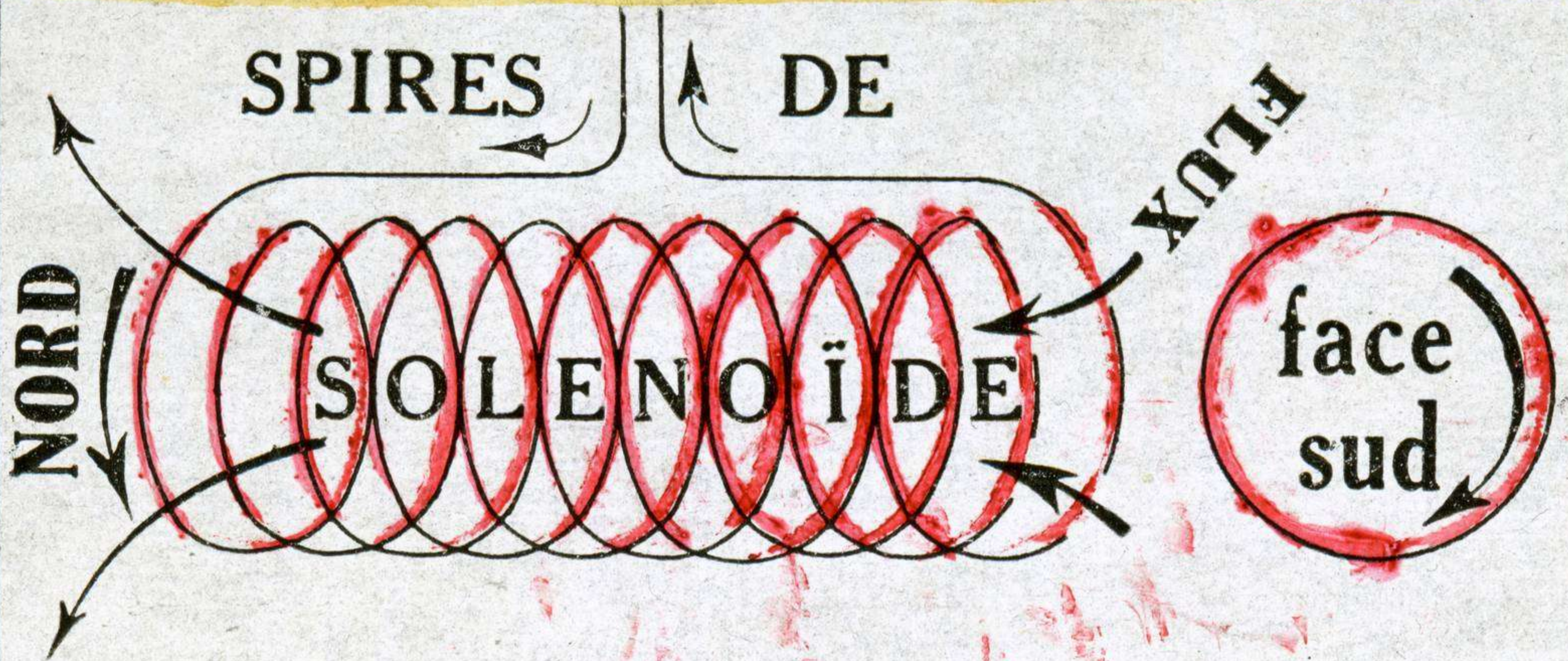
*l*

$$W = i \text{ flux } 10^{-8} \text{ Joules}$$

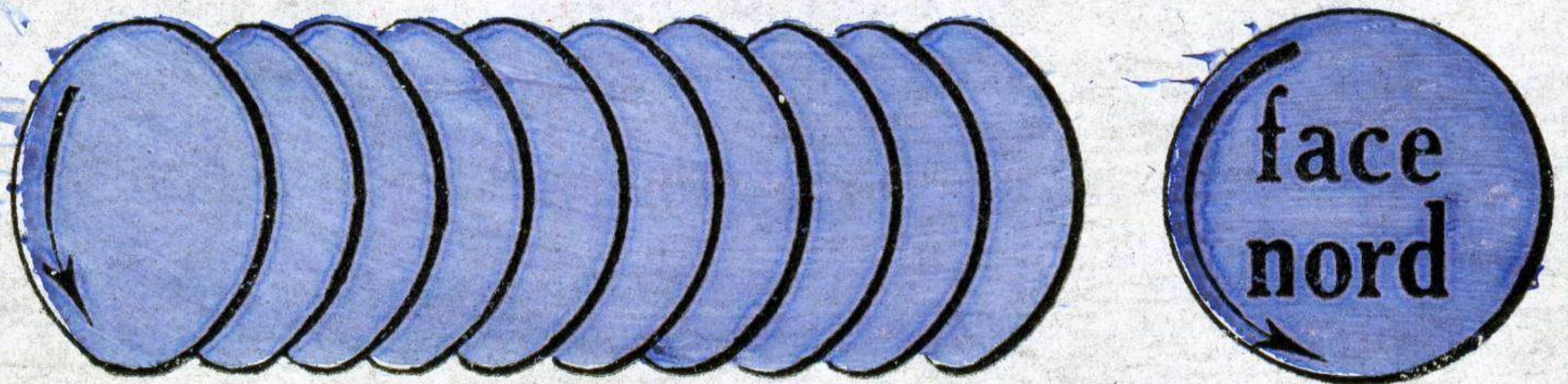
6



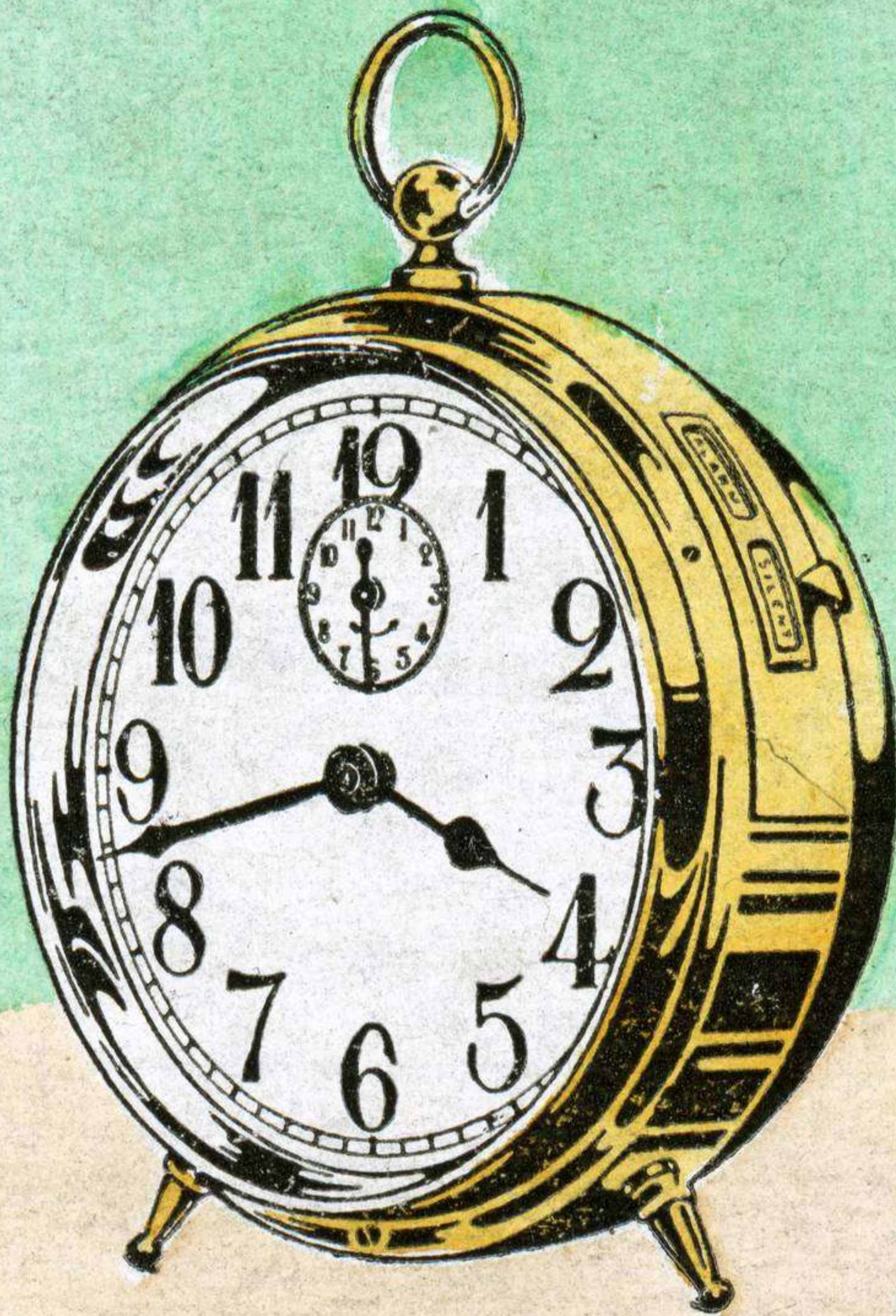
# THEORIE d' AMPERE feuilletts magnétiques.



TRANCHES D'AIMANT



**FACE SUD**



**FACE NORD**

8



# PUISSANCE & CHAMP D'UN FEUILLET

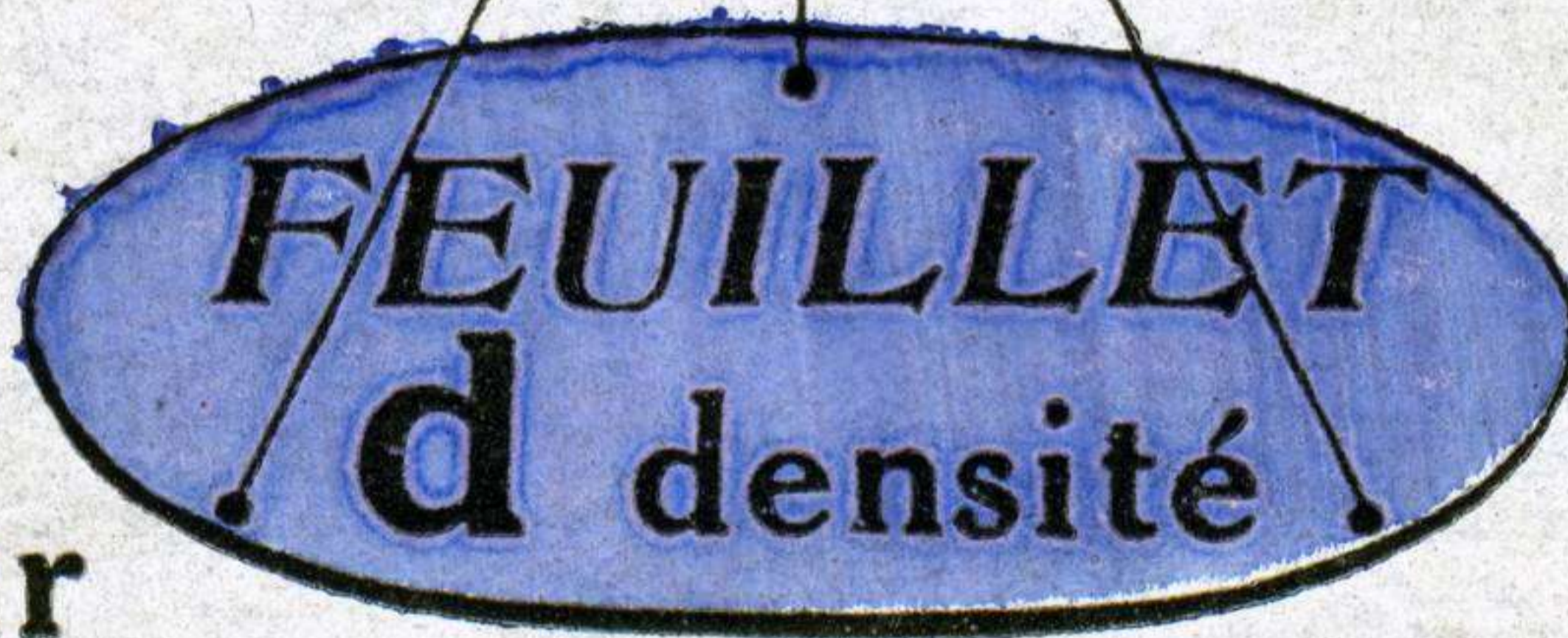
DEFINITION

RESULTAT

$$U = de$$

$$H = \frac{2\pi U}{r}$$

**e**  
épaisseur



**r**  
rayon

Unité  de  
masse magnétique

# INTERPRETATION

— de MAXWELL —

COURANT - *si* - FEUILLET

$$H = \frac{2 \pi i}{10 r}$$

*même*  
CHAMP

$$H = \frac{2 \pi e d}{r}$$

$$\frac{i}{10} = e d$$

$d=1$  *si*  $e=1$  CENTIMÈTRE  $i=10$  AMPERES

OU 10 COULOMBS *par seconde*

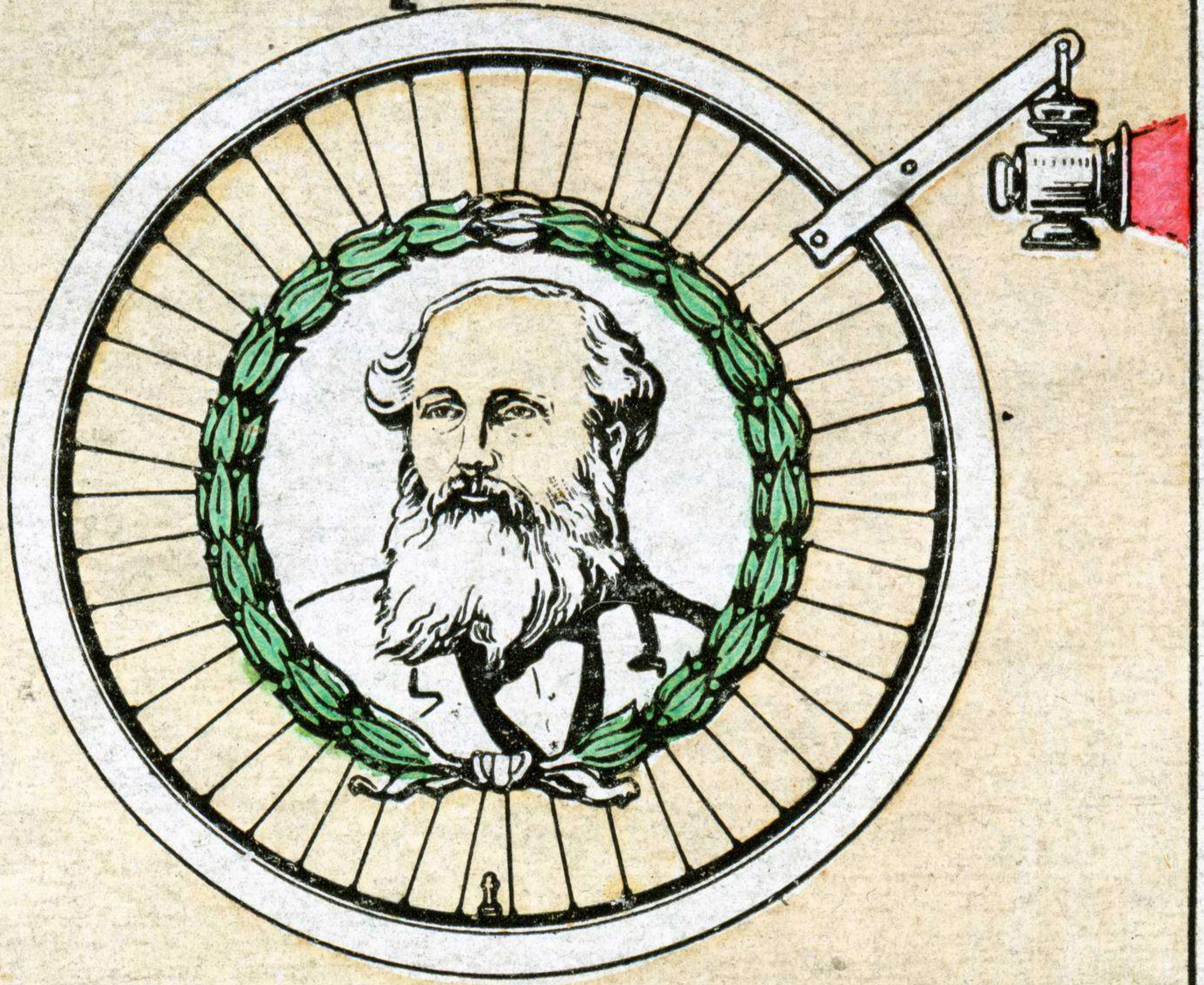
OU  $10 \times 3 \cdot 10^9$  unités CGS  $d^6$

— ou encore —

UNE unité CGS ayant une *vitesse*  
DE 300,000 KILOMÈTRES *par seconde*

**Le mouvement circulaire**  
*est équivalent*

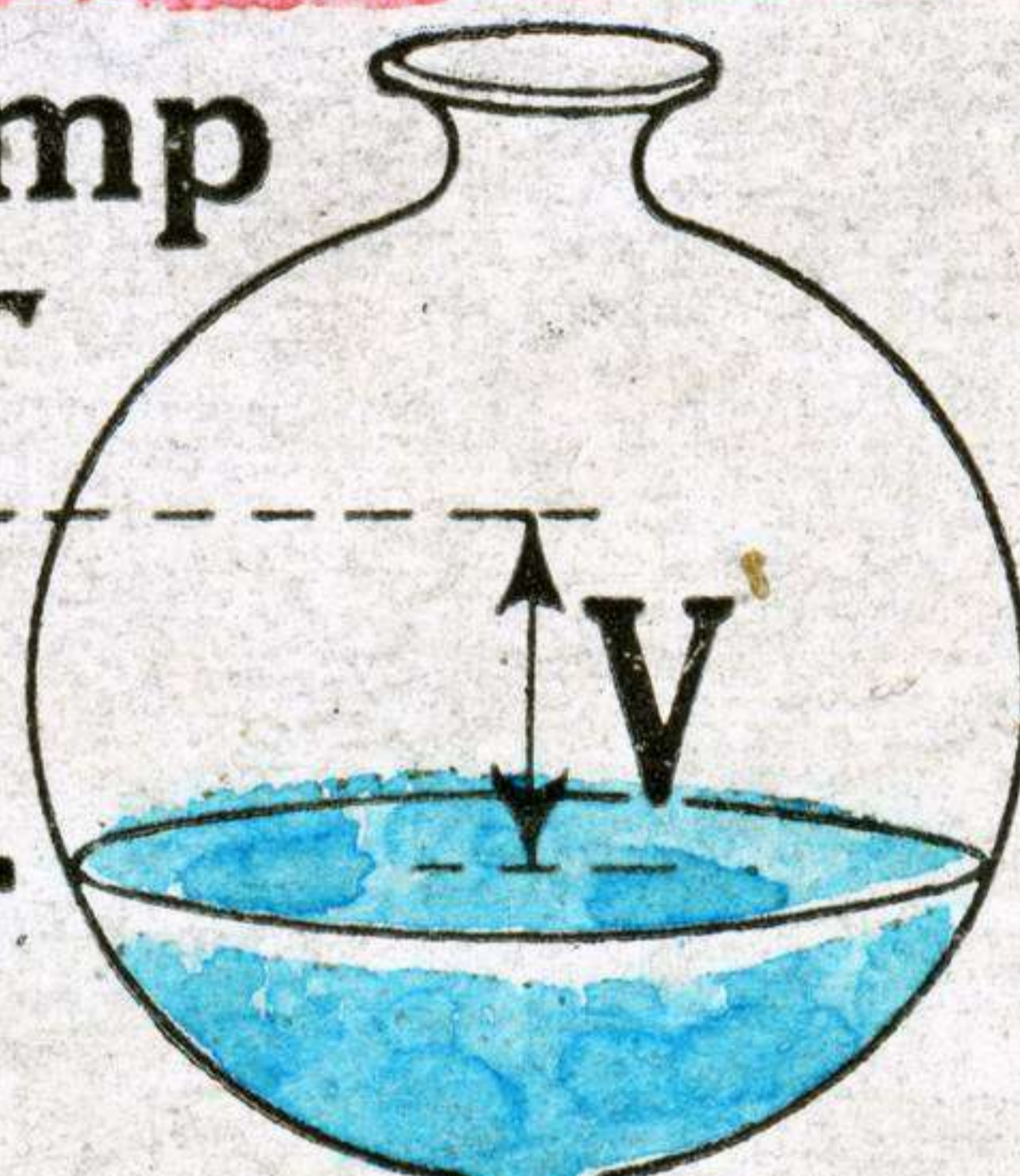
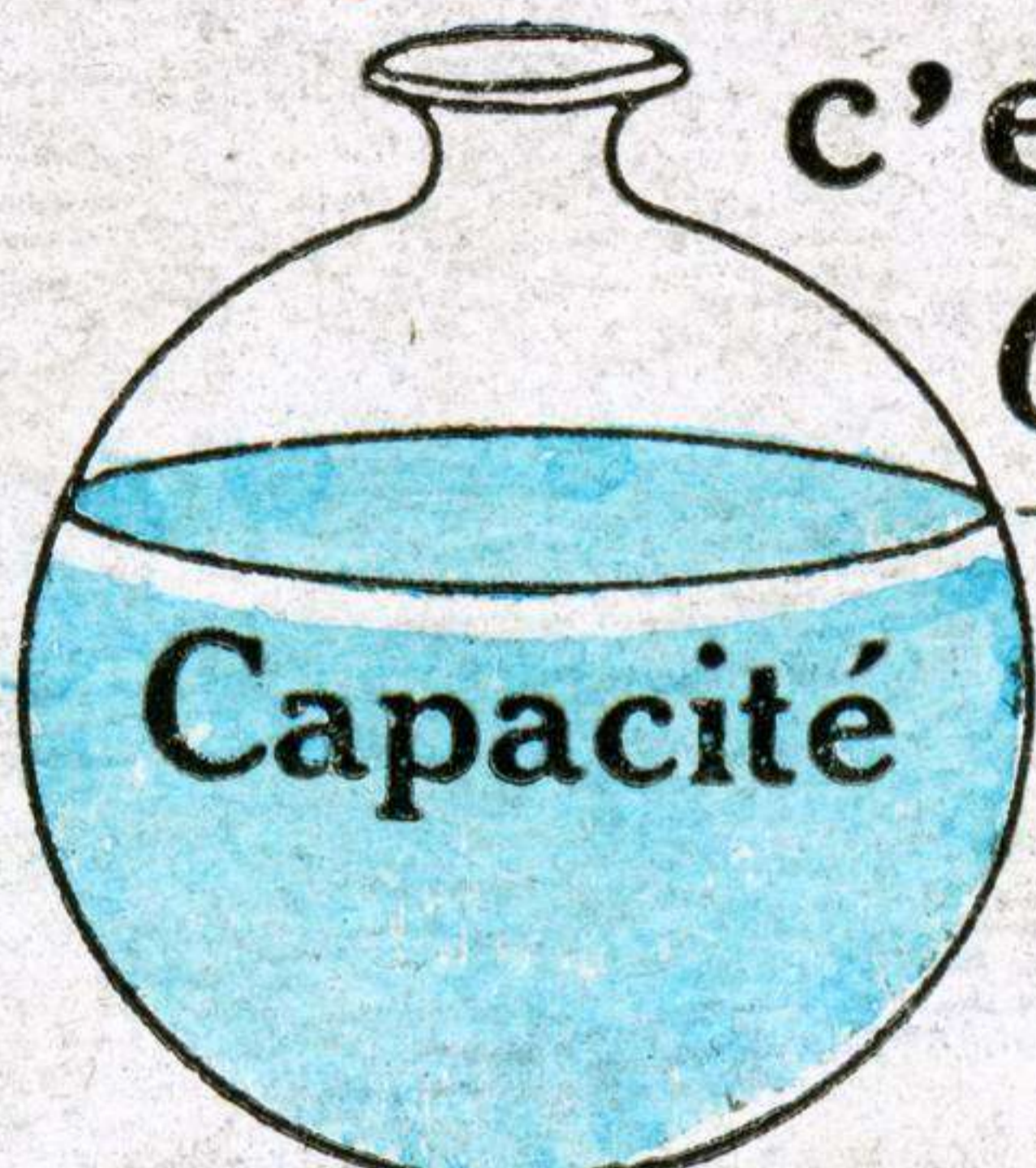
11



**au**  
**mouvement vibratoire**

# CHAMP ELECTROMAGNETIQUE

c'est un champ  
**OSCILLANT**



**RESULTAT**

*d'un champ  
électrique oscillant  
Potentiel alternatif  
et d'un champ  
magnétique oscillant  
Courant alternatif*

conducteur

MAZO, ÉDITEUR, 33, Boulevard St-Martin, et 40<sup>bis</sup>, Rue Meslay, PARIS

# L'ENSEIGNEMENT PAR L'ASPECT

AU MOYEN DES

## Nouvelles Vues en Couleur

Véritables Tableaux Muraux sur Papier transparent

GROUPÉES PAR SÉRIES DE 12 :

Elles forment une leçon conforme aux programmes officiels.  
Elles coûtent 30 fois moins cher que les vues sur verre en couleur.  
Elles conviennent à tous les établissements d'instruction et d'éducation.  
Elles passent dans tous les appareils même les meilleurs marché.

PRIX d'une leçon avec livret explicatif : 3 Francs.

PRIX du livret séparé : 0 fr. 25

## 372. FORCE ÉLECTROMAGNÉTIQUE & ÉLECTROAIMANTS

### I. — FORCE ÉLECTROMAGNÉTIQUE

Vue : Définition et sens.

On appelle force électromagnétique la force engendrée par l'action d'un champ magnétique sur un courant.

L'expérience et la théorie montrent que la *main gauche* étant :

1° allongée dans le sens du courant, le courant sortant par les doigts ;

2° les lignes de force du champ entrant par la paume de la main.

La force électromagnétique engendrée est dans le sens du pouce tendu.

C'est là ce qu'on appelle la règle de la main gauche.

La valeur de cette force a été calculée par le grand mathématicien Laplace et la formule trouvée est confirmée par toutes les expériences pratiques.

$$F = \frac{H l i}{10} \text{ dynes.}$$

### II. — VÉRIFICATION

Vue : Expérience du fil et roue de Barlow.

Il est facile de vérifier la règle de la main gauche avec un fil vertical qui peut osciller autour d'un point fixe et dont l'extrémité trempe dans une cuve à mercure.

Un aimant donne le champ.

Si un courant traverse le fil, le fil se déplace soit en avant, soit en arrière, suivant le sens du courant et la disposition de l'aimant, vérifiant dans chaque cas la règle de la main gauche.

2° La roue de Barlow est formée par un disque en cuivre denté vertical et pouvant tourner entre les pôles d'un aimant autour d'un axe horizontal.

L'axe communique avec un pôle d'une pile, l'autre pôle de la pile aboutit à une petite cuve à mercure dans laquelle trempe l'extrémité des dents de la roue en tournant.

La règle donne le sens de la rotation : en renversant le courant ou en inversant les pôles de l'aimant on fait varier les conditions de l'expérience.

### III. — TRANSLATION D'UN CIRCUIT

Vue : Attraction et répulsion.

Suspendons au plateau d'une balance quelques spires d'un fil parcouru par un courant. Ce circuit engendre un flux magnétique  $\Phi'$  dont nous connaissons le sens d'après le sens du courant (tire bouchon). Approchons du circuit le pôle d'un aimant nous donnant un flux  $\Phi$ , nous constaterons :

1° Que si les flux  $\Phi$  et  $\Phi'$  sont de même sens, le système mobile se déplace de manière que le flux  $\Phi$  embrassé par le circuit, augmente.

2° Que si les flux  $\Phi$  et  $\Phi'$  sont de sens contraires, le système mobile se déplace de manière que le flux  $\Phi$  embrassé par le circuit diminue. Ce résultat était à prévoir, le champ du circuit et de l'aimant sont deux forces de même direction et de même sens, lorsque les flux sont de même sens elles s'ajoutent, de sens inverse lorsque les flux sont de sens inverse elles se retranchent.

Remarque. — Ce mouvement reçoit une application importante dans les régulateurs de lampes à arc.

#### IV. — ROTATION D'UN CIRCUIT

##### Vue : Sens de la rotation.

Au moyen de deux godets centrés, faisons circuler dans un circuit un courant. Il détermine un champ dont nous connaissons la direction par la règle du tire-bouchon.

Si nous plaçons ce circuit entre les pôles d'un aimant, il tournera dans le sens des 2 forces électromagnétiques (1/2 circuit de droite courant ascendant, 1/2 circuit de gauche courant descendant), qui forment un couple.

Remarquons que la rotation ne s'arrêtera que lorsque le circuit sera perpendiculaire au champ de l'aimant, c'est-à-dire lorsqu'il embrasse le *maximum* de flux de l'aimant. A ce moment, en effet, les forces du couple sont en ligne droite avec leur bras de levier, donc elles s'annulent.

#### V. — ACTION DES COURANTS SUR LES COURANTS

##### Vue . Exemple attraction et répulsion de circuits.

On peut toujours en composant les champs magnétiques formés par les courants, déterminer l'action réciproque des courants.

Il est facile de montrer avec des systèmes de circuits mobiles que :

- 1° 2 courants parallèles et de même sens s'attirent ;
- 2° que 2 courants parallèles et de sens contraire se repoussent ;
- 3° 2 courants croisés tendent à se placer parallèlement de façon que les 2 courants soient de même sens.

#### VI. — TRAVAIL ÉLECTROMAGNÉTIQUE

##### Vue : Calcul.

Considérons un circuit formé par une pile, sur les 2 fils parallèles non bouclés, (aller et retour), un fil A B qui ferme le circuit.

Disposons l'expérience pour mieux comprendre, de manière que le circuit soit horizontal et qu'il soit traversé par un champ vertical.

L'action du champ sur la portion A B = l de courant est, d'après la formule de Laplace :

$$F = \frac{H i l}{10}$$

Supposons que A B puisse se déplacer sous l'action de cette force et que son déplacement soit C : lorsque A B est en C D, le travail accompli sera :

$$W = \frac{H i l}{10} e.$$

Mais on a : surface A B C D ... S = l e.

Le flux traversant cette surface est H S, donc

$$W = \frac{i \times \text{flux coupé par A B}}{10} \text{ ergs}$$

Ce travail est moteur ou résistant selon que le déplacement du conducteur se fait en sens inverse ou dans le sens de la force électromagnétique.

En joule, l'expression devient :

$$W = \frac{1}{10^8} i \varphi \text{ joules.}$$

#### VII. — THÉORIE D'AMPÈRE

##### Vue : Feuillet magnétique.

Pour expliquer l'analogie des aimants et des solénoïdes. Ampère a imaginé la célèbre théorie dite de feuillets magnétiques.

Ampère suppose qu'un aimant est constitué par une série de feuillets magnétiques et chaque feuillet magnétique est identique à un courant circulaire. La face nord d'un feuillet sera le côté d'où sortiront les lignes de force ; la face sud le côté où elles entreront. En regardant la face nord d'un feuillet, le courant circulera sur ses bords dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, en regardant la face sud, il circulera dans le sens des aiguilles d'une montre.

#### VIII. — FACE NORD & FACE SUD D'UN FEUILLET

La distinction de face nord et face sud fait souvent hésiter les élèves : rien n'est plus facile cependant que cette distinction.

Regardez ce cadran, les aiguilles tournent de gauche à droite, paraissant guider le courant vers cinq heures. Retournons la figure les aiguilles paraissent marcher de droite à gauche, le courant paraît aussi changé de direction, il n'en est rien puisqu'il se dirige toujours vers cinq heures, donc le sens du courant sur les bords du feuillet ne change pas, c'est l'observateur seul qui en changeant de point de vue le voit tourner à gauche ou à droite.

#### IX. — PUISSANCE & CHAMP D'UN FEUILLET

##### Vue : Définition et résultat.

La théorie d'Ampère posait évidemment le problème de la mesure du champ d'un feuillet.

Rappelons que le champ magnétique en 1 point est la force magnétique sur l'unité de masse magnétique.

La théorie, facile d'ailleurs (voir cours de M. Chassigny), et les mesures conduisirent à considérer pour un feuillet le produit *d* de la densité magnétique sur ses faces par l'épaisseur *e* du feuillet. Ce produit *d e* fut appelé U puissance du feuillet.

$$U = d e$$

et les résultats concordants du calcul et des mesures directes donnèrent finalement la formule :

$$H = \frac{2 \pi U}{r}$$

liant le champ et la puissance ; *r* est le rayon du feuillet.

## X. — INTERPRÉTATION DE MAXWELL

Remarquons tout d'abord que les formules donnant l'expression du champ d'un courant circulaire et du champ d'un feuillet, sont vérifiées toutes les deux séparément au moyen de la balance.

L'unité électrostatique de quantité d'électricité est en C G S le coulomb :  $3 \cdot 10^9$ .

L'unité électromagnétique correspondante est l'unité de densité magnétique.

Que faudrait-il, s'est demandé Maxwell pour que ces 2 unités donnent le même champ en supposant dans les deux cas un courant circulaire et un feuillet de même rayon et l'épaisseur du feuillet égale à un centimètre.

On aurait d'abord l'égalité :

$$\frac{i}{10} = e d$$

de laquelle, si  $d = 1$ ,  $e = 1$ , on tire :  $i = 10$  ampères, c'est-à-dire  $i = 10 \times 3 \times 10^9$  unités C G S par seconde, ou ce qui revient au même, une unité C G S ayant une vitesse de 300,000 kilomètres par seconde.

Ainsi si le fil du courant était assez parfait pour laisser passer le courant avec une vitesse de 300,000 kilomètres à la seconde, l'unité C G S, de quantité d'électricité et l'unité C G S de quantité de magnétisme donneraient le même champ.

Mais ce résultat de 300,000 kilomètres à la seconde, c'est celui qui représente la vitesse de la lumière dans l'éther. Conséquence, dit Maxwell, le magnétisme a pour origine des courants électriques qui se transmettent dans l'éther, autrement dit, si nous considérons l'aimant le plus simple réduit à une ligne de force, cette ligne de force est formée de particules d'éther qui, parcourues par des courants fermés, ou si vous le voulez, qui tournent sur elles-mêmes et qui se propagent d'une particule à l'autre à raison de 300,000 kilomètres à la seconde.

Mais d'autre part, l'éther étant élastique, cette propagation n'est pas continue comme celle du courant d'une pile, elle s'arrête presque instantanément comme la tension d'un ressort et c'est cette tension de la file de particules qui forme le champ magnétique.

## XI. — LE MOUVEMENT CIRCULAIRE EST ÉQUIVALENT AU MOUVEMENT VIBRATOIRE

Vue : Maxwell et la bicyclette.

Allons plus loin. Rappelons-nous (leçon sur la radio activité) l'expérience du petit garçon qui de loin regarde de profil une roue de bicyclette en mouvement et portant sur la jante un point lumineux. Nous en avons déduit, ce qui d'ailleurs se démontre aussi mathématiquement qu'un mouvement circulaire peut se comparer à un mouvement pendulaire, à un mouvement vibratoire, donc nos particules peuvent vibrer au lieu de tourner, l'effet final est le même, et ainsi il n'y a pas de différence entre les vibrations de la lumière et les rotations de particules, images des courants circulaires.

Que faudrait-il donc pour qu'un champ magnétique soit lumineux.

Il faudrait, répondit hardiment Maxwell, que les petits courants circulaires soient inversés aussi rapidement que les vibrations lumineuses.

## XII. — CHAMP ÉLECTROMAGNÉTIQUE

Vue : Expérience des deux vases.

Entre deux points de potentiel différents, s'établit un champ électrique, et si la différence de potentiel change de sens, le champ est évidemment oscillant.

Un courant électrique donne un champ magnétique et si le courant est alternatif, le champ magnétique est aussi oscillant.

On peut obtenir les deux effets simultanément, on obtient alors un champ composé dit champ électromagnétique. Pour vérifier les idées de Maxwell il faudrait obtenir des alternances très rapides. Mais malgré ses efforts, Maxwell ne put démontrer par l'expérience son idée audacieuse, ce ne fut que 25 ans plus tard que le jeune savant Hertz exécuta les célèbres expériences dont nous parlerons à la leçon des oscillations, et qui vérifient les idées de l'illustre savant anglais.

ABONNEZ-VOUS A

**OMBRES & LUMIÈRE**

Journal mensuel de la Projection

*nécessaire pour se tenir au courant de toutes les nouveautés et progrès de cette industrie artistique et pédagogique.*

5 Fr.  
PAR  
AN

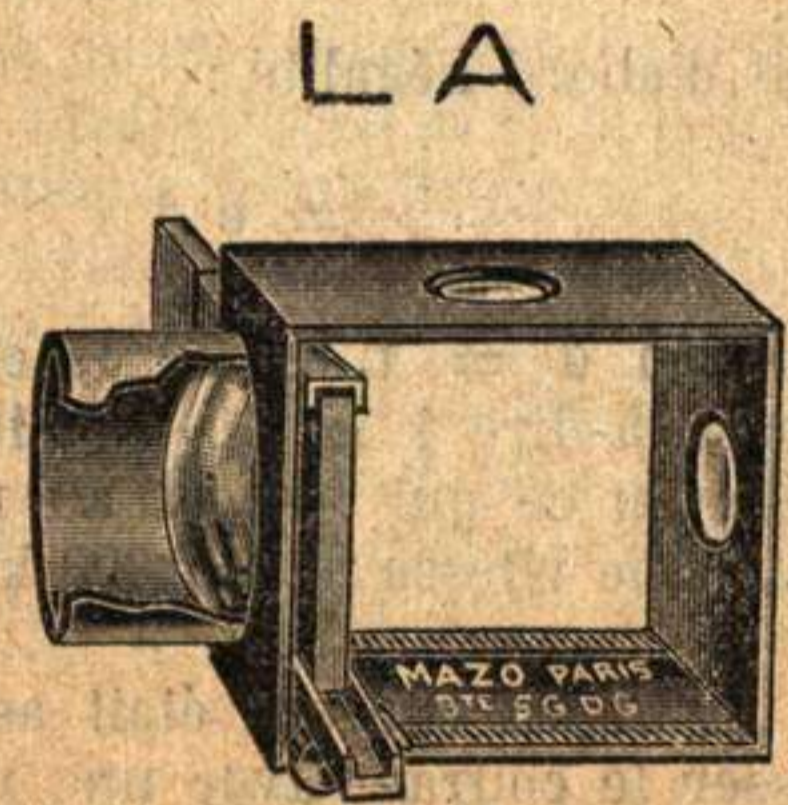
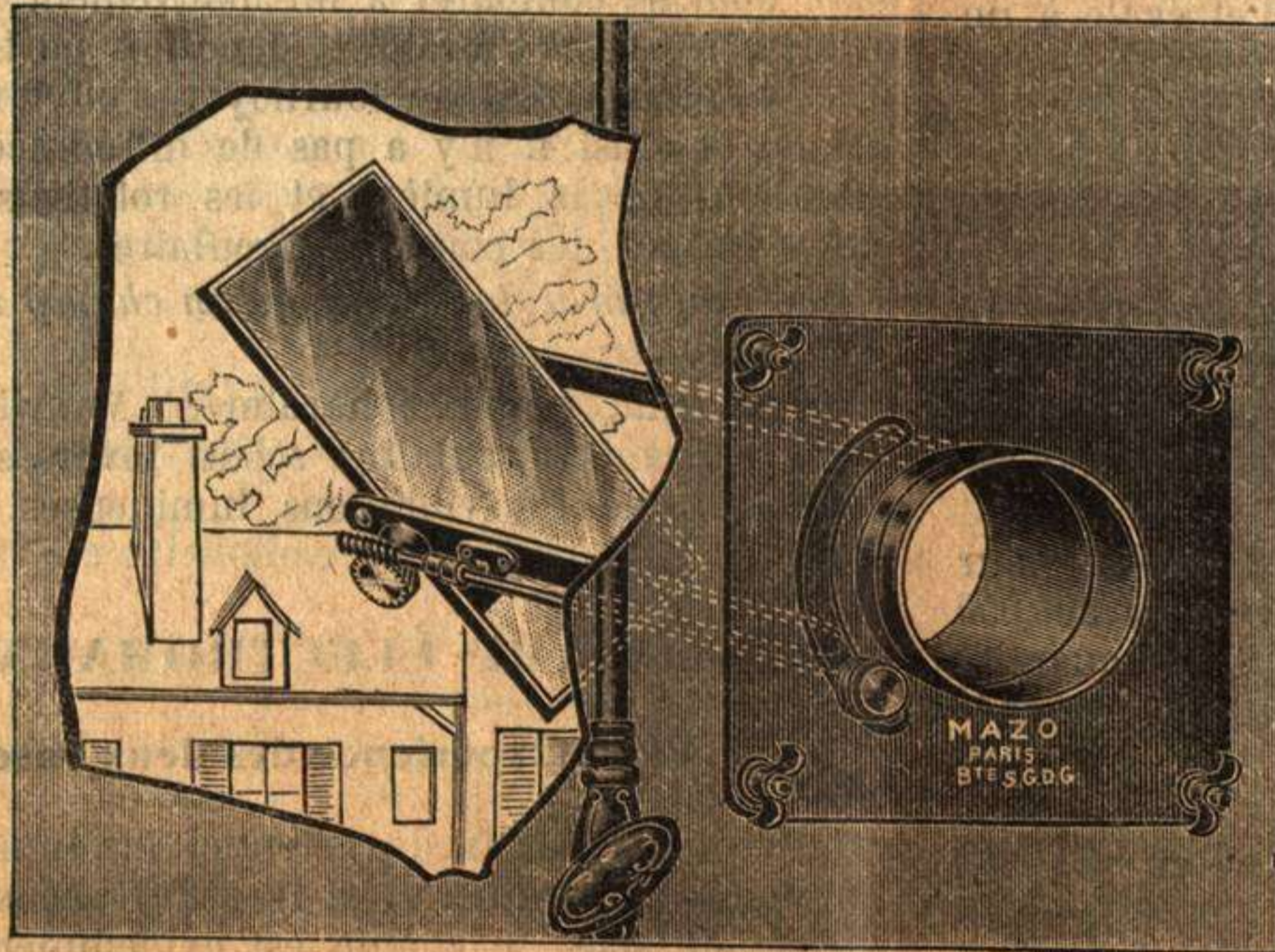
E. MAZO, 33, Boulevard Saint-Martin, 33. — PARIS

✦ Se tenir toujours au courant des nouvelles Séries éditées ✦

# L'ENSEIGNEMENT PAR L'ASPECT

*est résolu facilement*

1° avec la nouvelle lanterne



LA  
**SOLAIRE**

*extrêmement simple 2 lentilles et un miroir donnant  
des projections merveilleuses.*

2° avec LA LAMPE ÉLECTRIQUE PUISSANTE



donnant la lumière

D'UN ARC

DE DIX AMPÈRES

ET LES NOUVELLES VUES EN COULEUR  
Véritables Tableaux Muraux sur Papier transparent

Demandez Prix et Renseignements  
à la Maison MAZO, 33, Boulevard Saint-Martin, PARIS