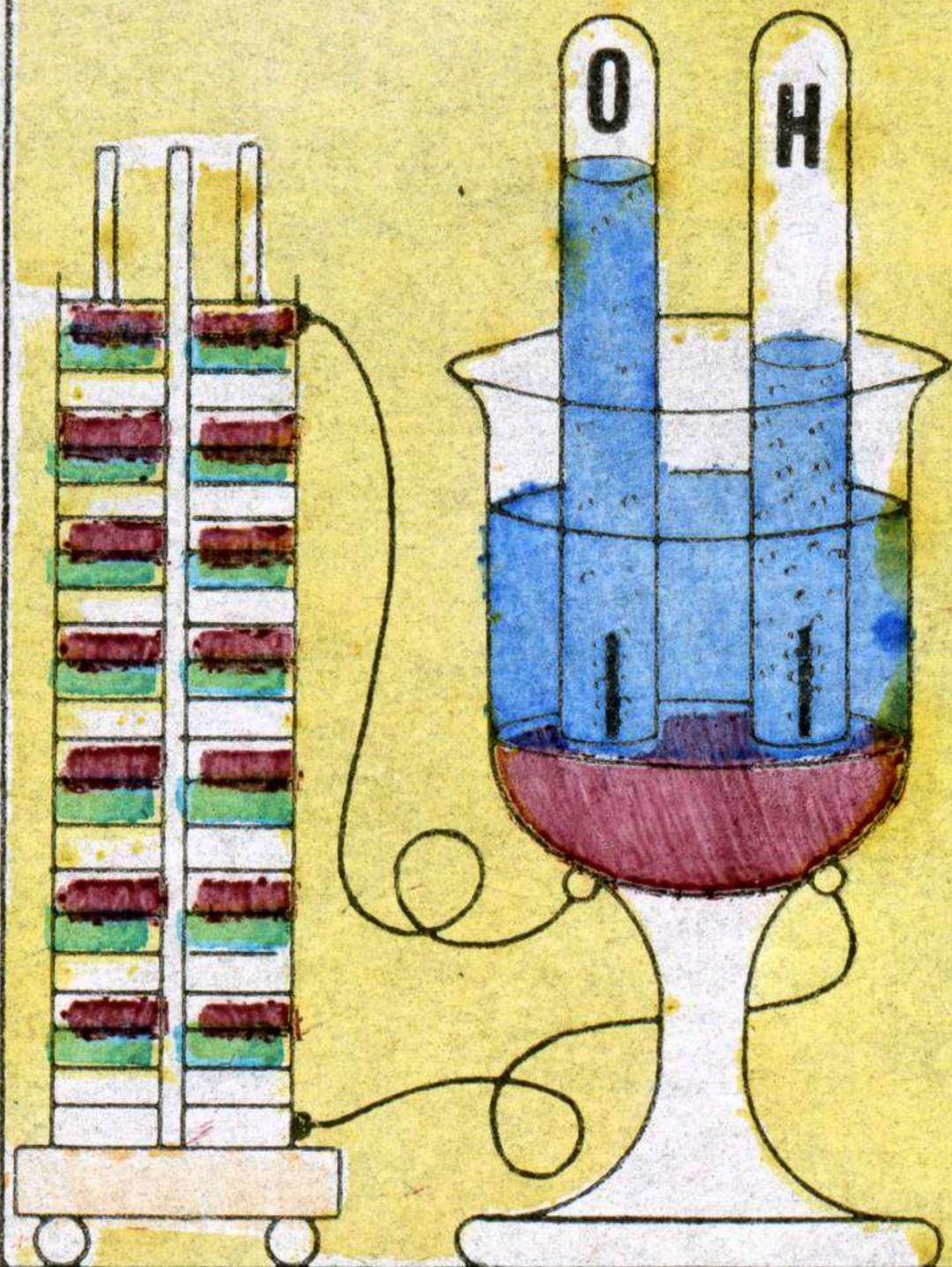
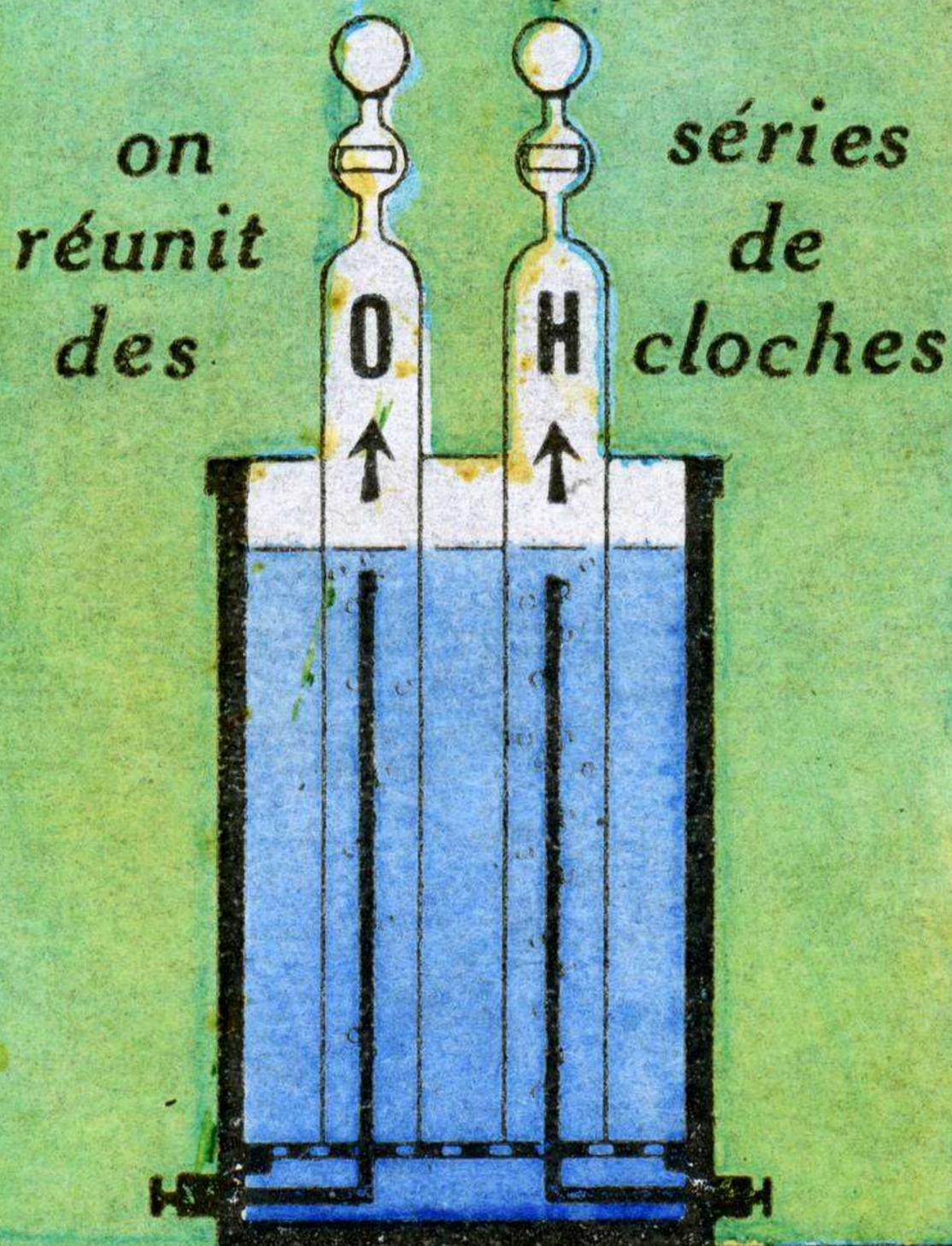


# ELECTROLYSE de l'EAU

## DÉCOUVERTE



## INDUSTRIE

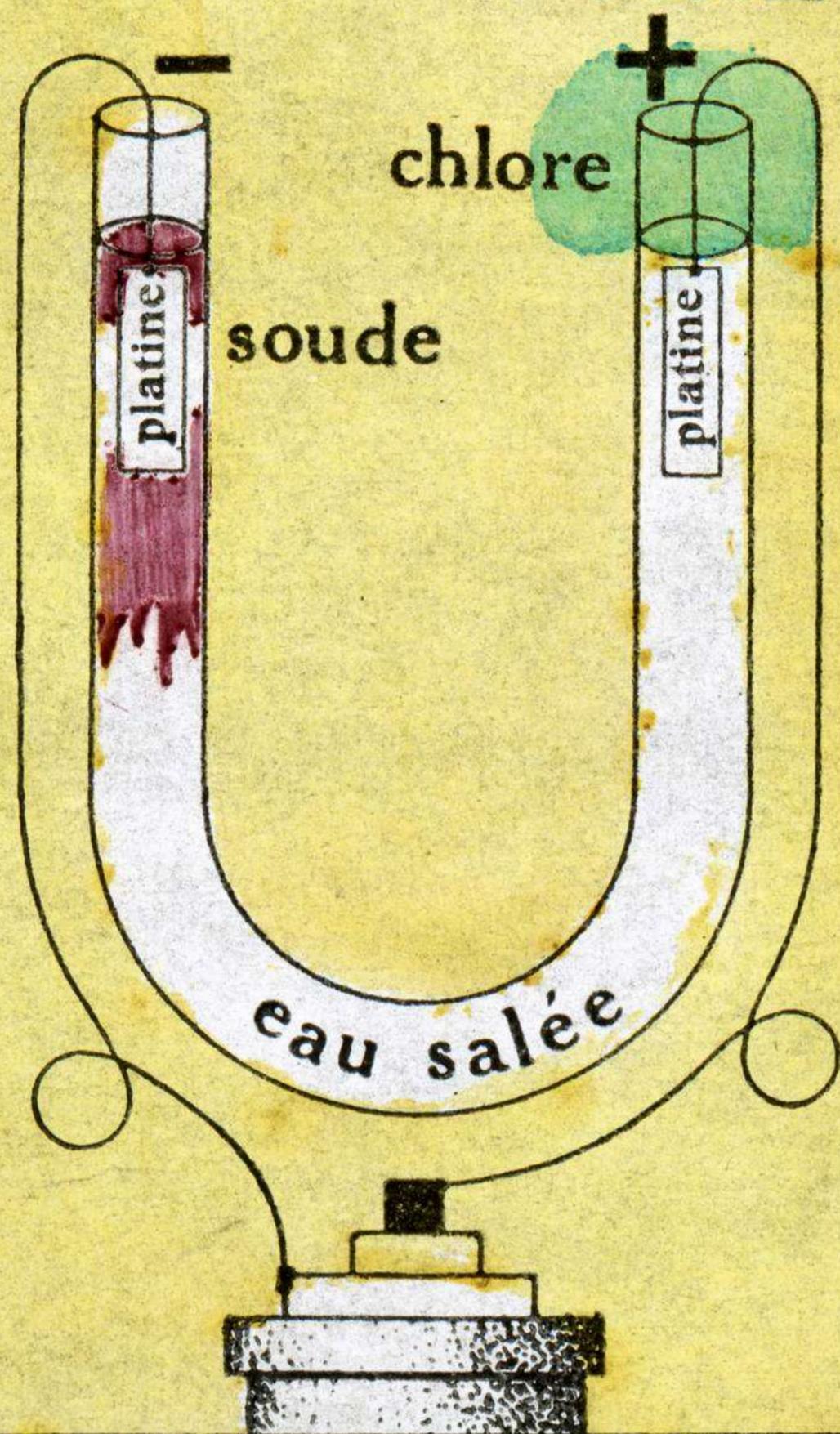


Carlisle — 1800  
1 & Nicholson

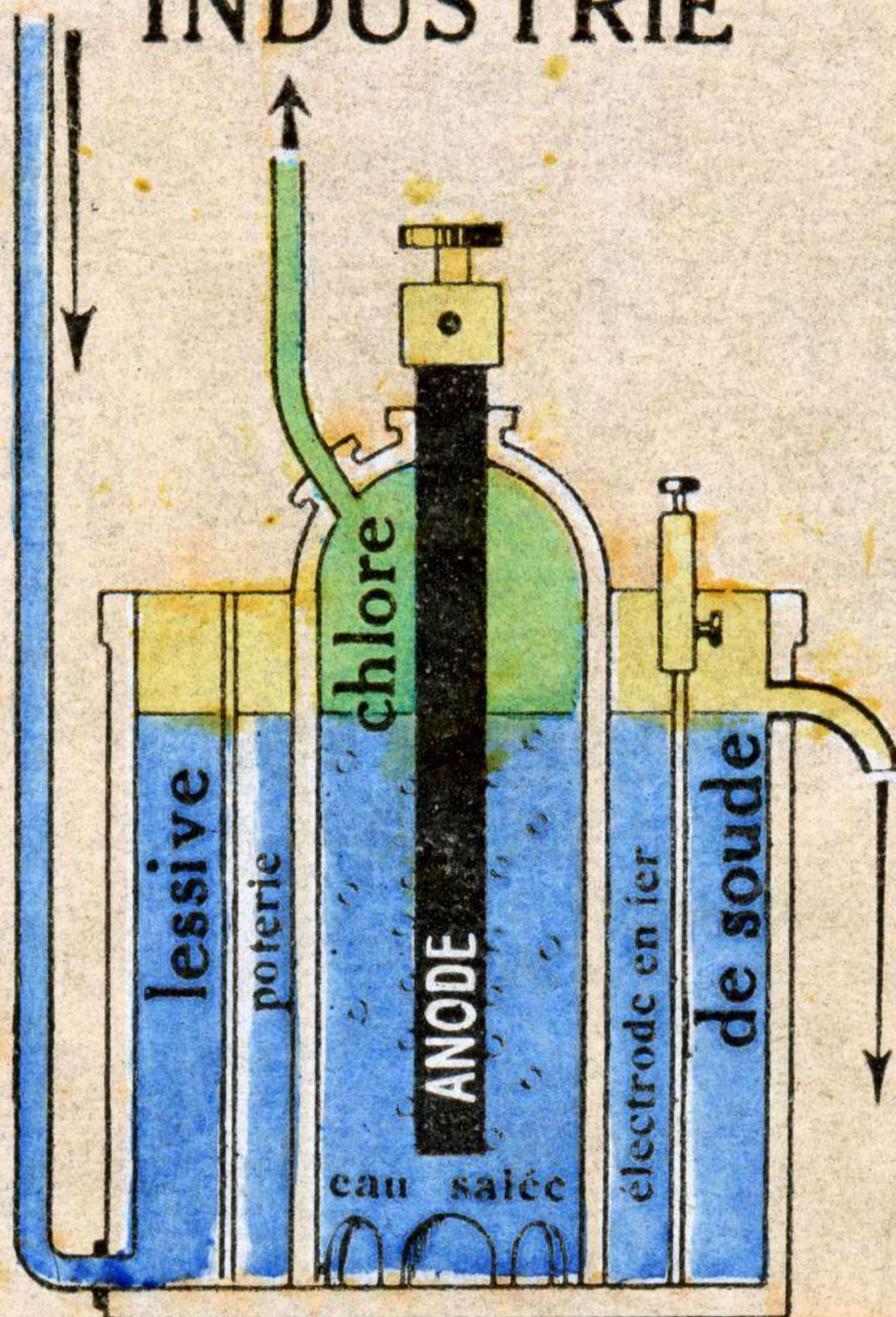
Hydrogène —  
— pour ballons

# Electrolyse du SEL MARIN ou chlorure de sodium

## LABORATOIRE

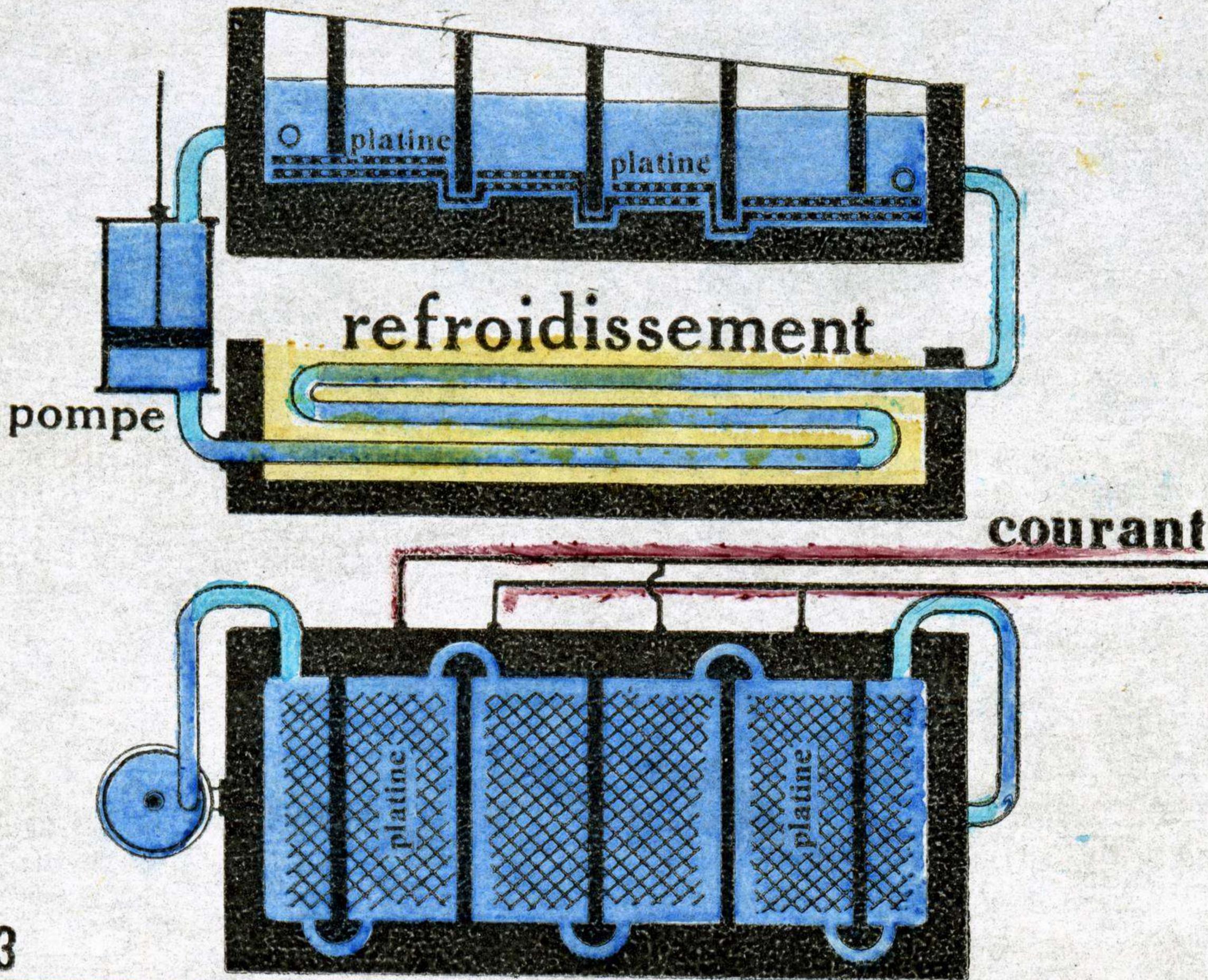


## INDUSTRIE



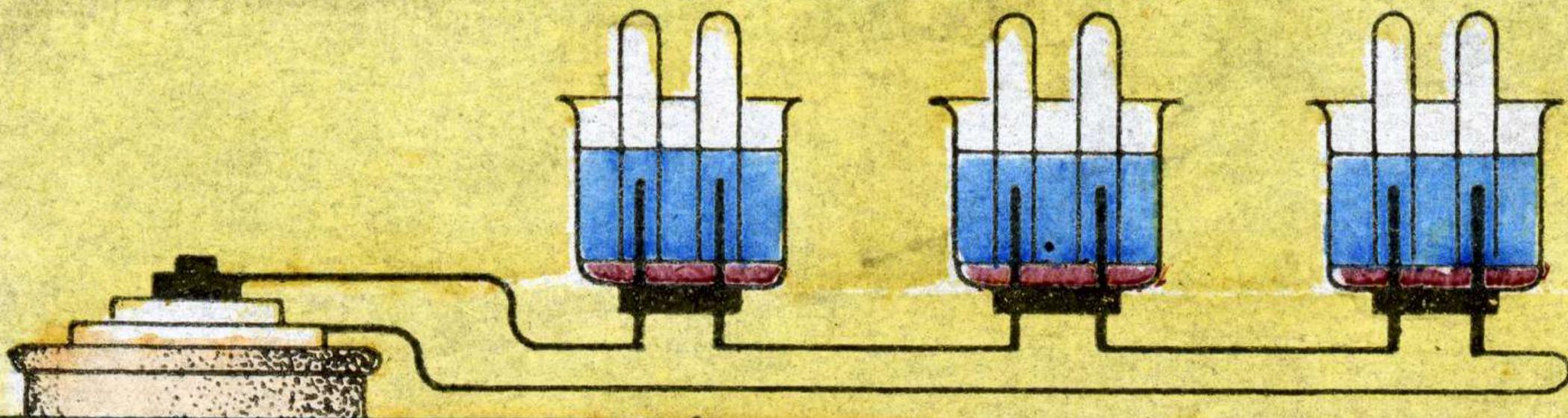
# HYPOCHLORITES & CHLORATES

## ÉLECTROLYSEUR KELLNER électrodes en platine iridié

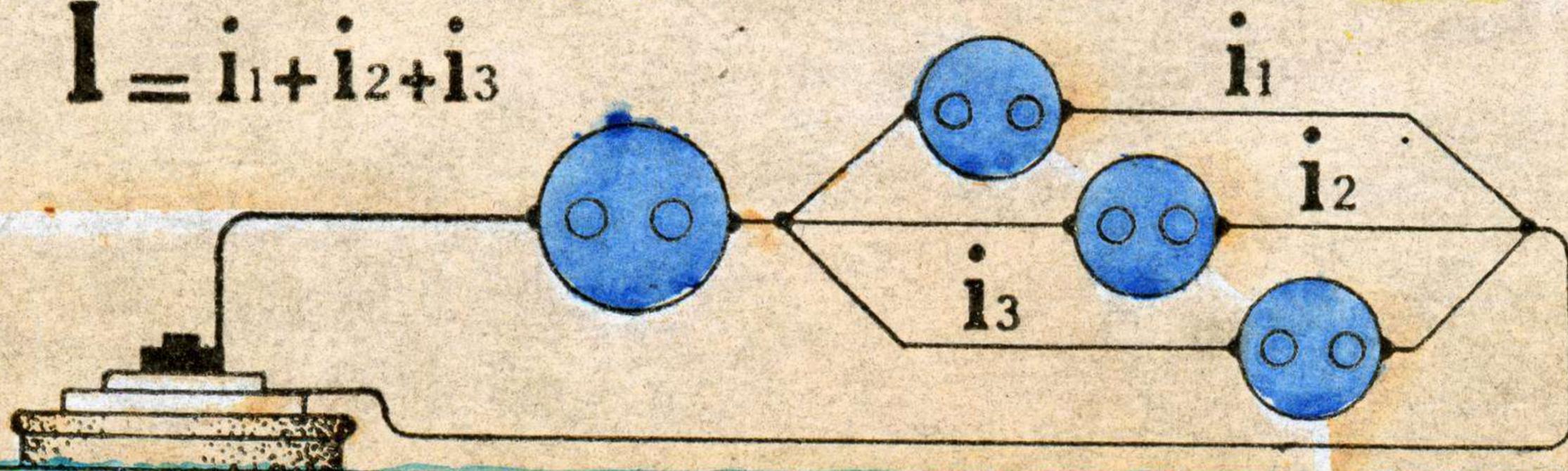


# LOIS de FARADAY

$i$  est constant

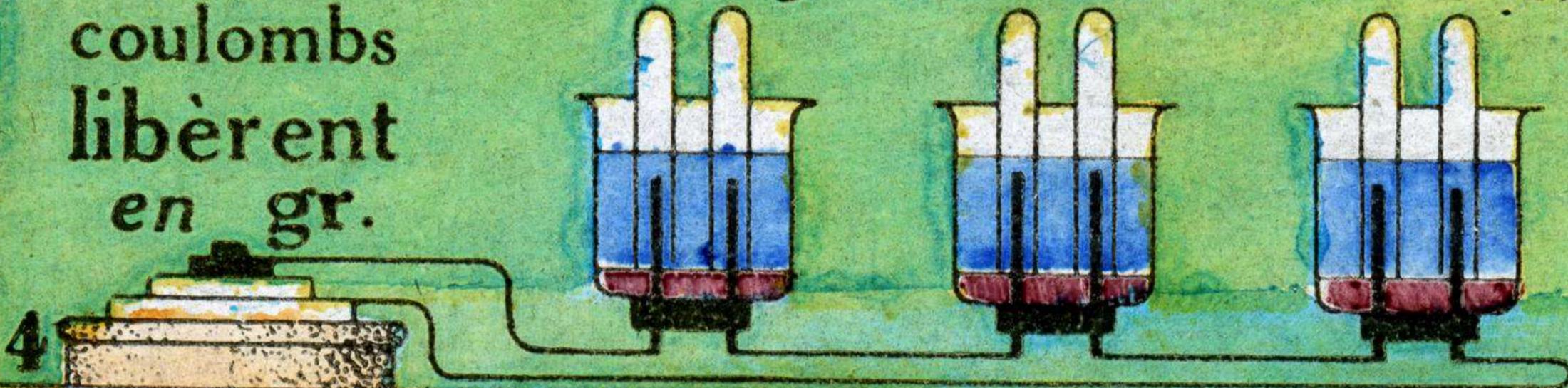


$$I = i_1 + i_2 + i_3$$



96 600  
coulombs  
libèrent  
en gr.

108Ag.  $\frac{1}{2}$ 263.5Cu  $\frac{1}{3}$ 197 Au.



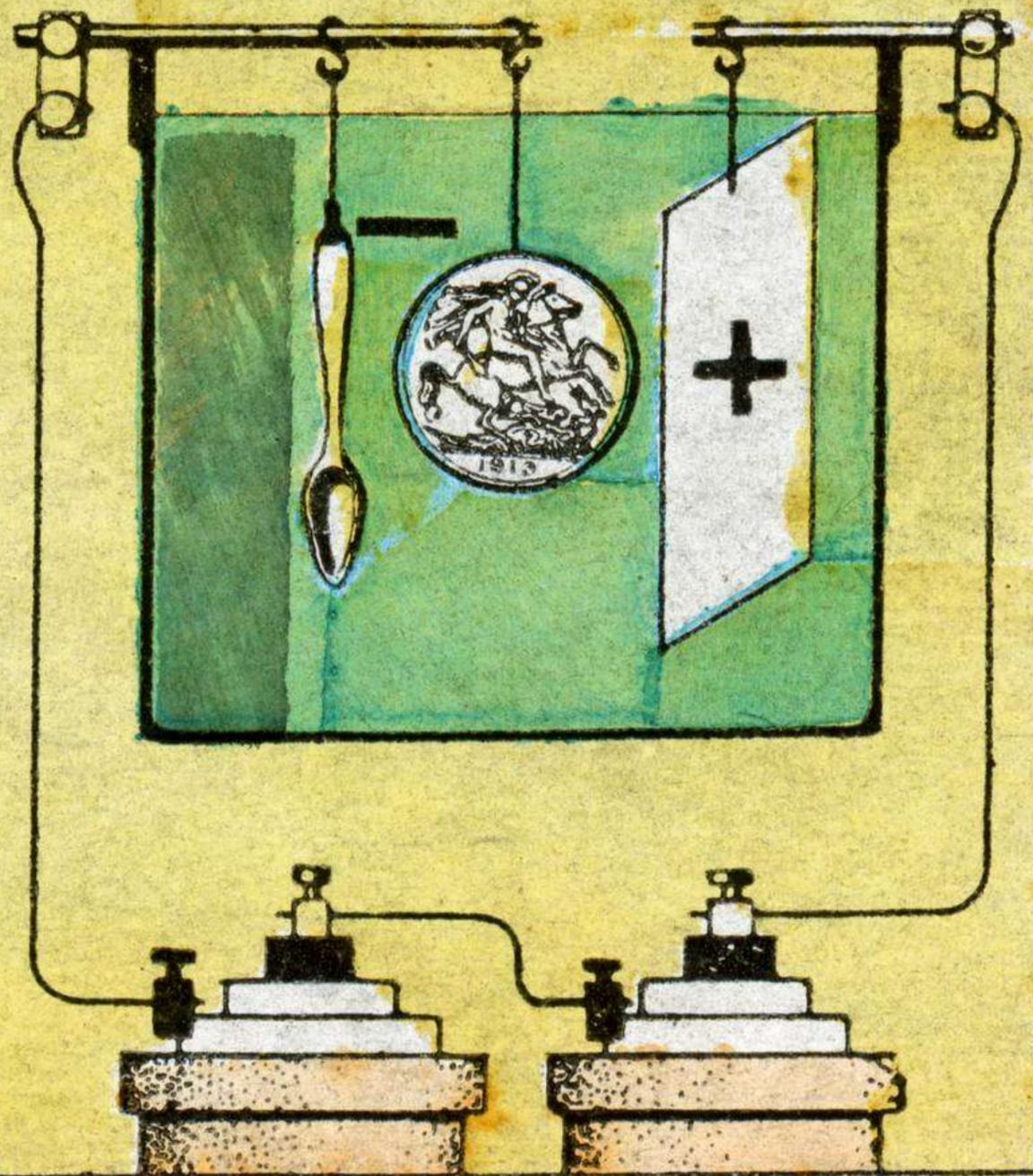
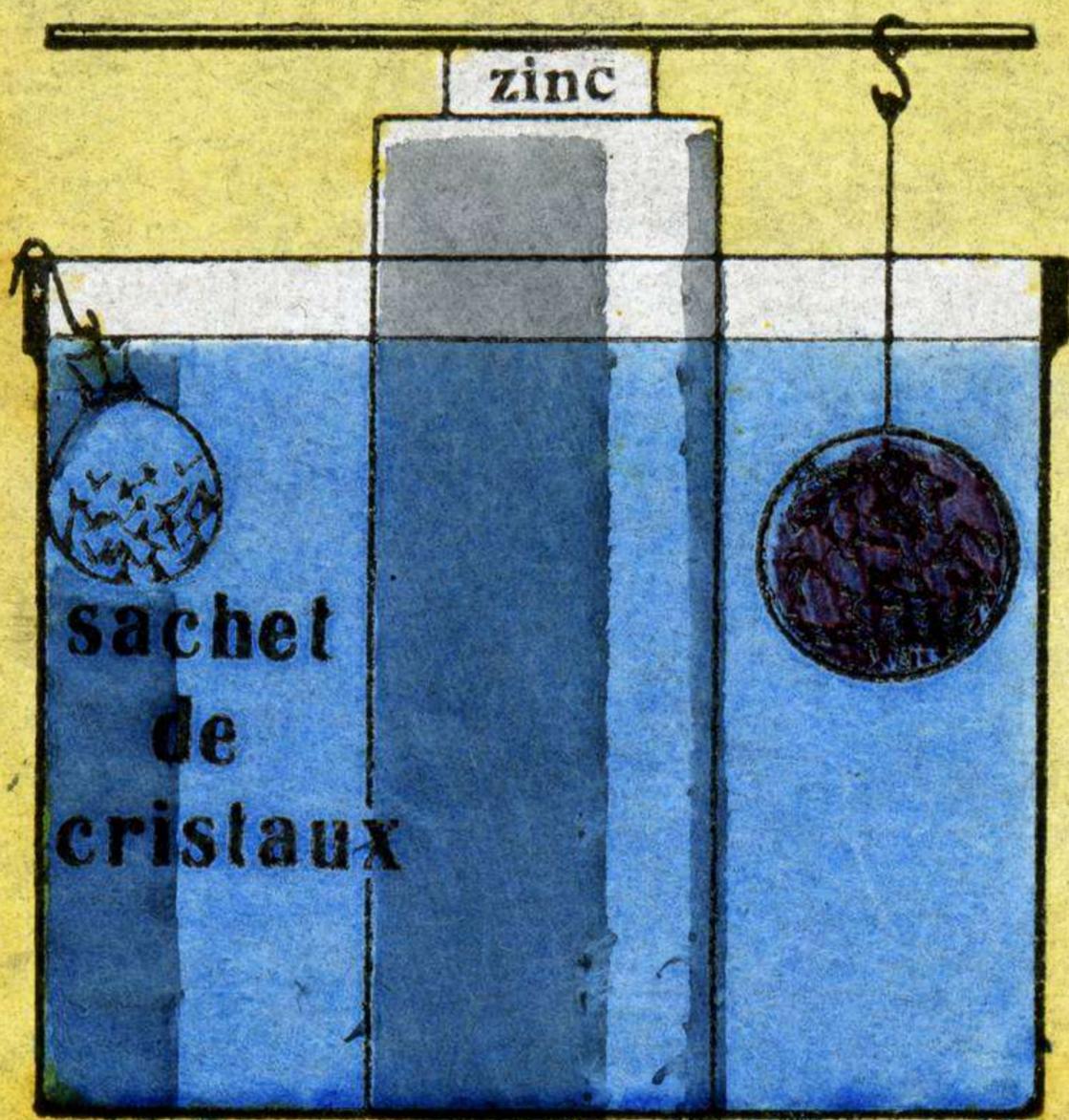
# GALVANOPLASTIE

moule

appareil  
simple



appareil  
composé



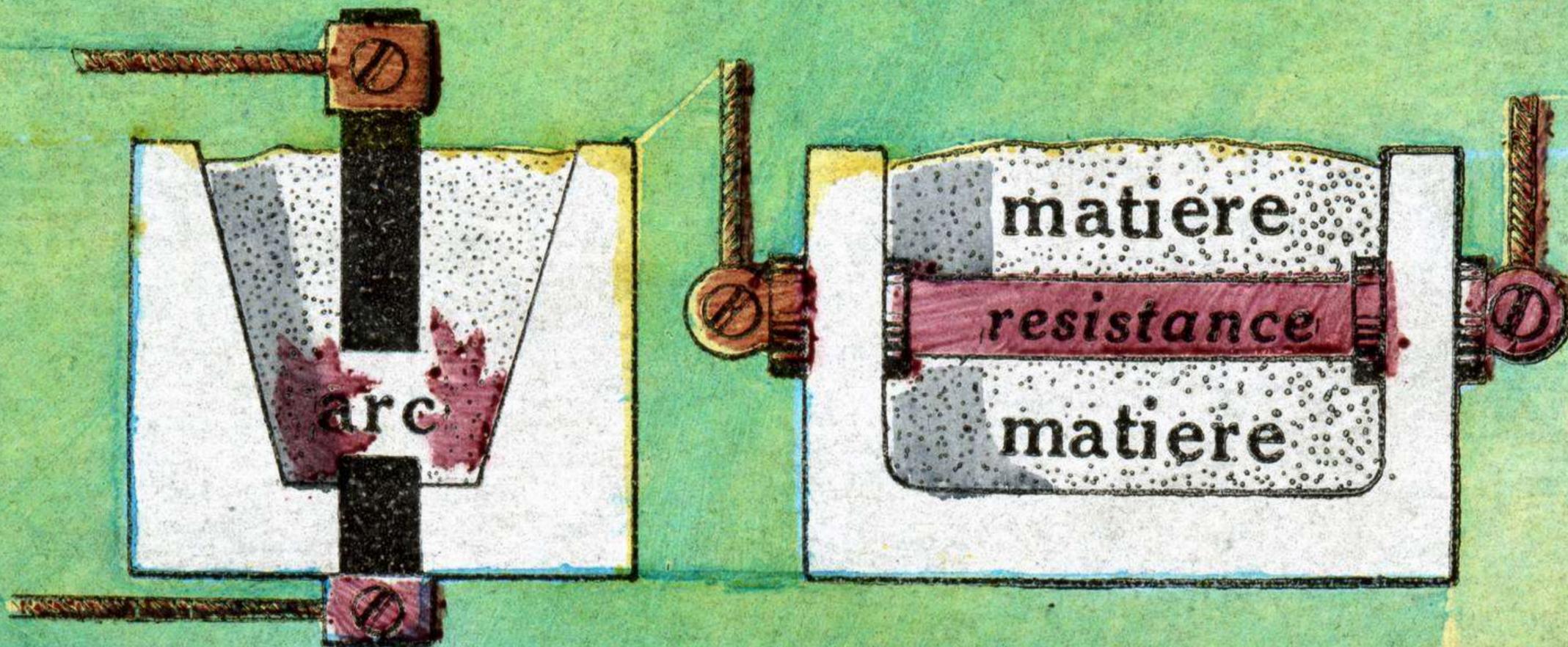
# ELECTROTHERMIE

rayonnement

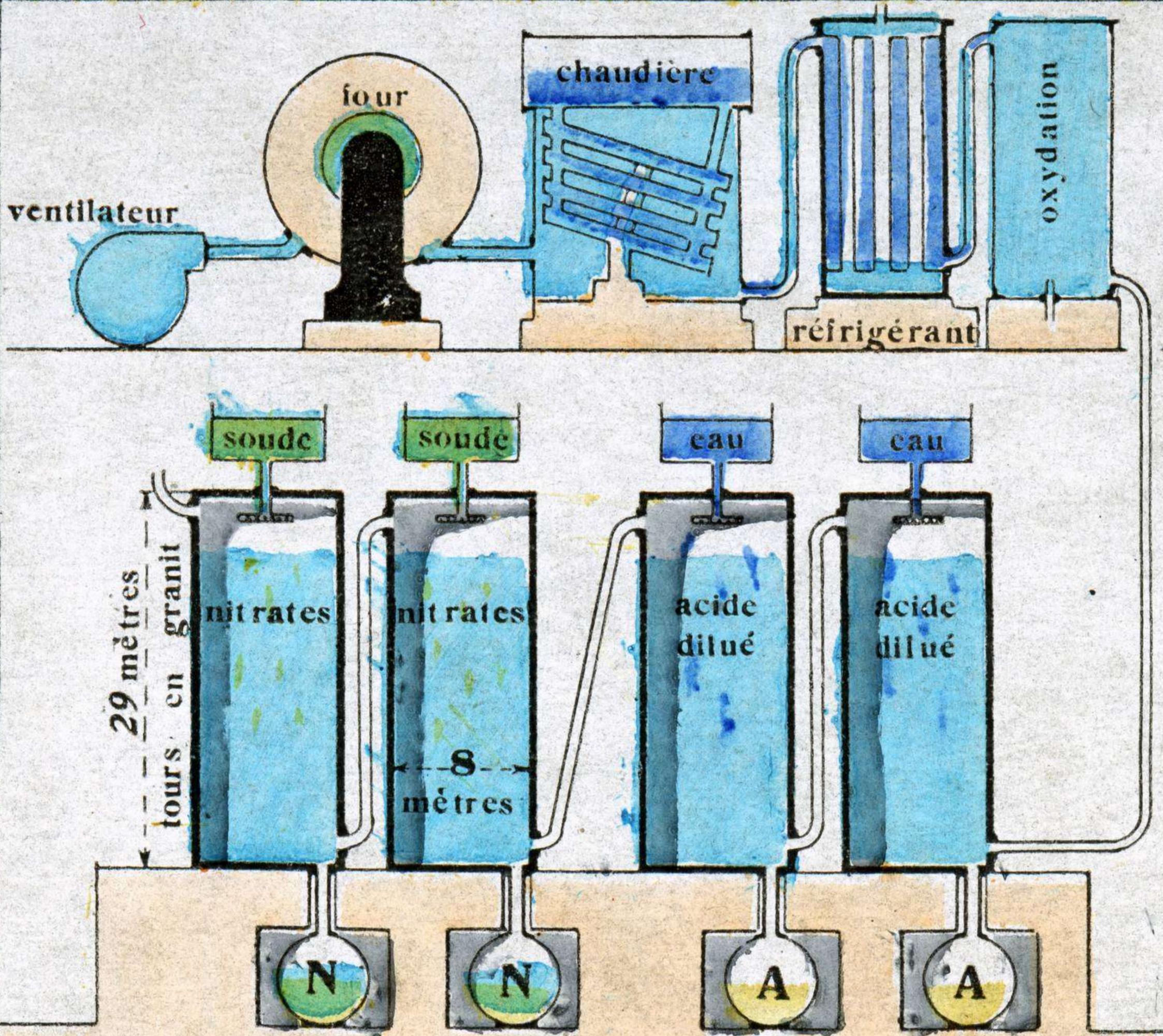


contact

résistance

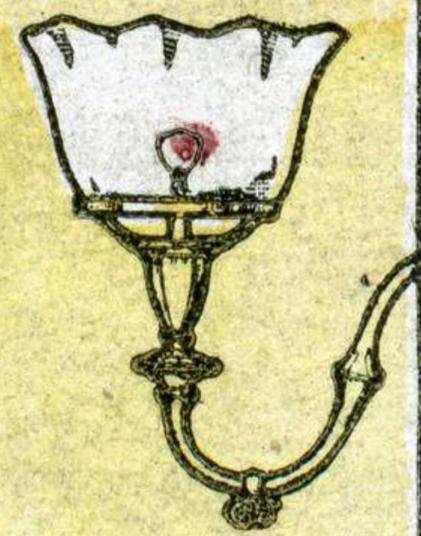
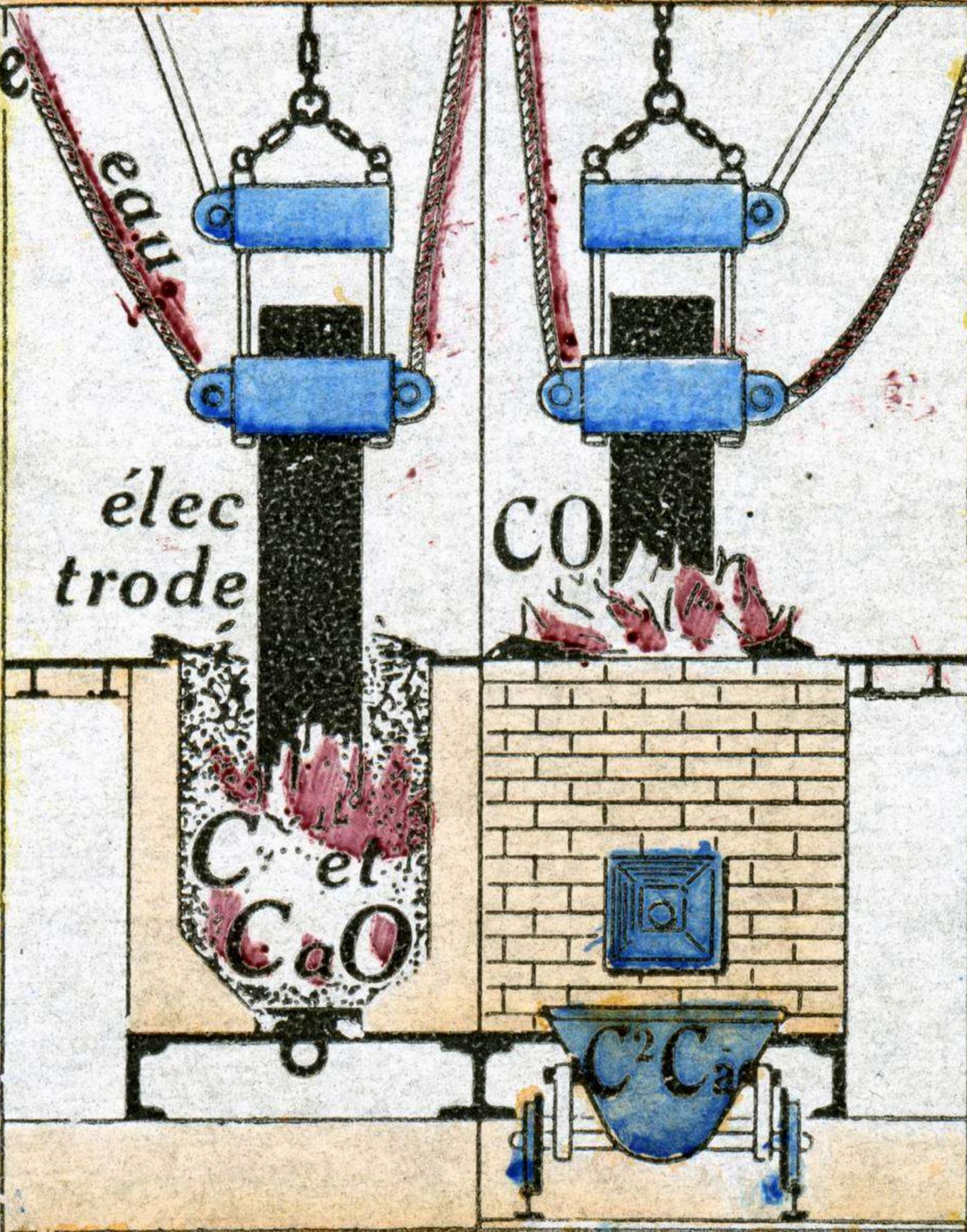
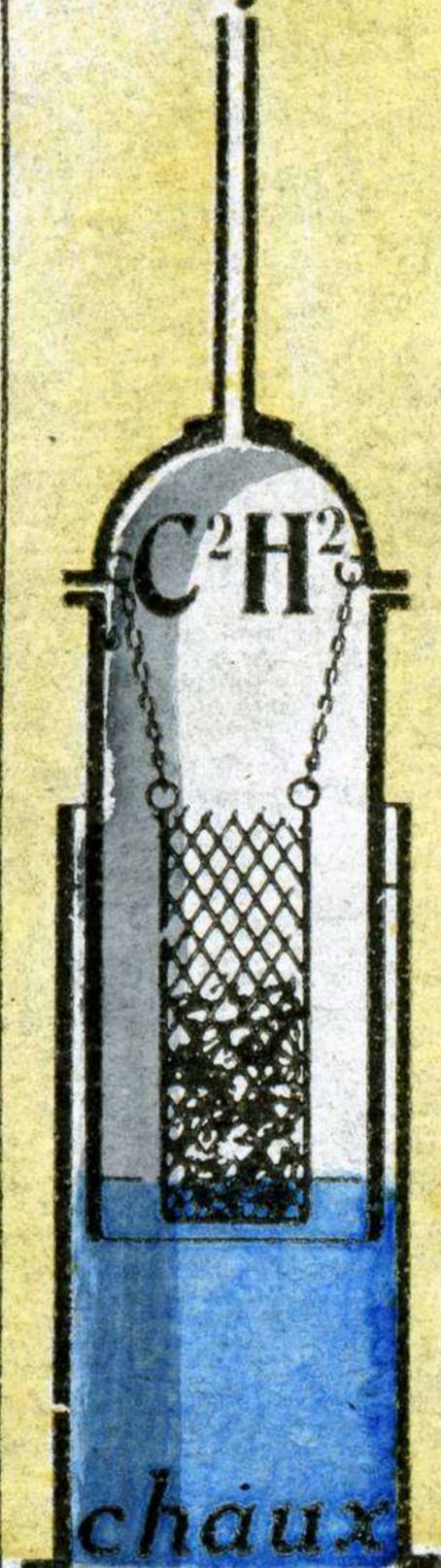


# ACIDE NITRIQUE et NITRATES



# CARBURE de CALCIUM

acétylène



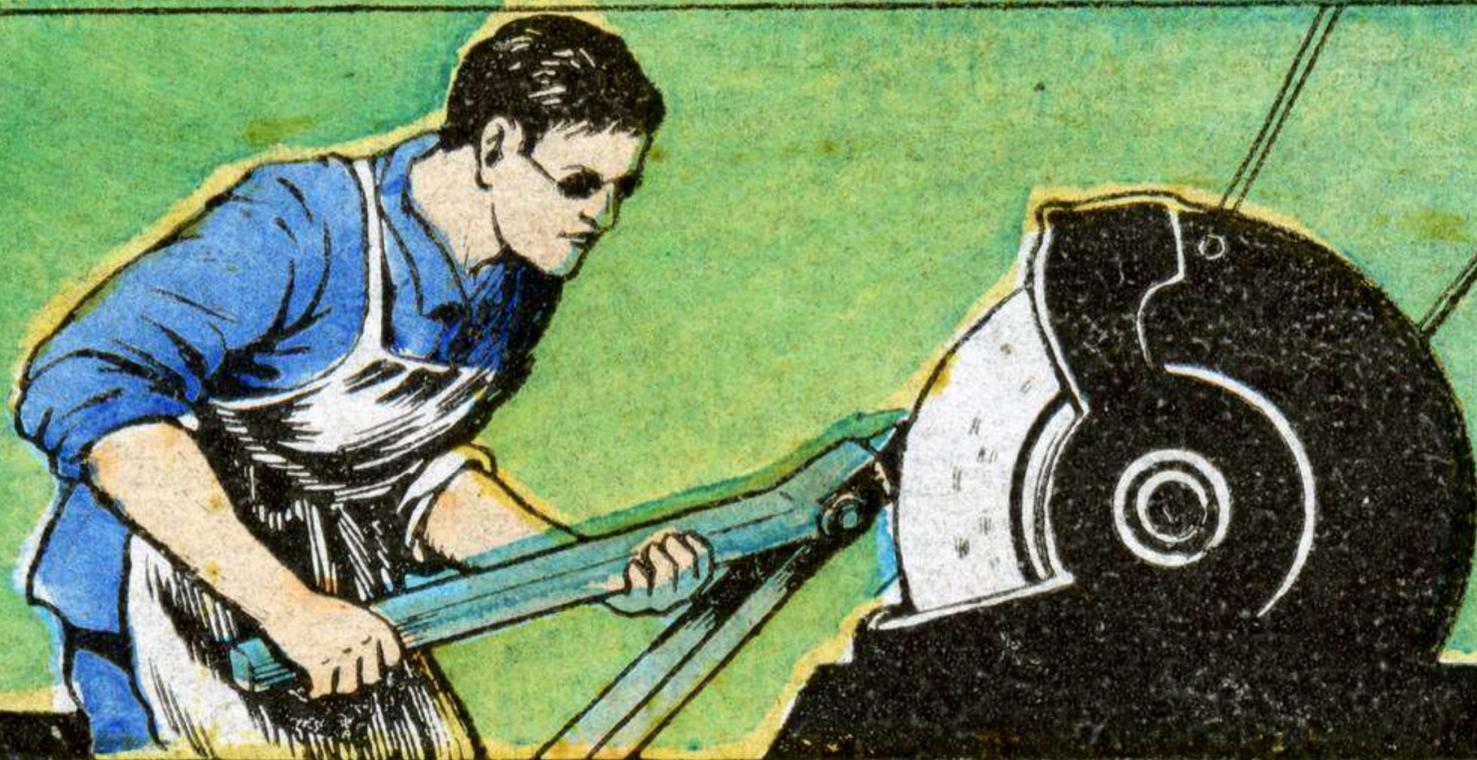
soudure  
auto-  
gène

# LA CYANAMIDE

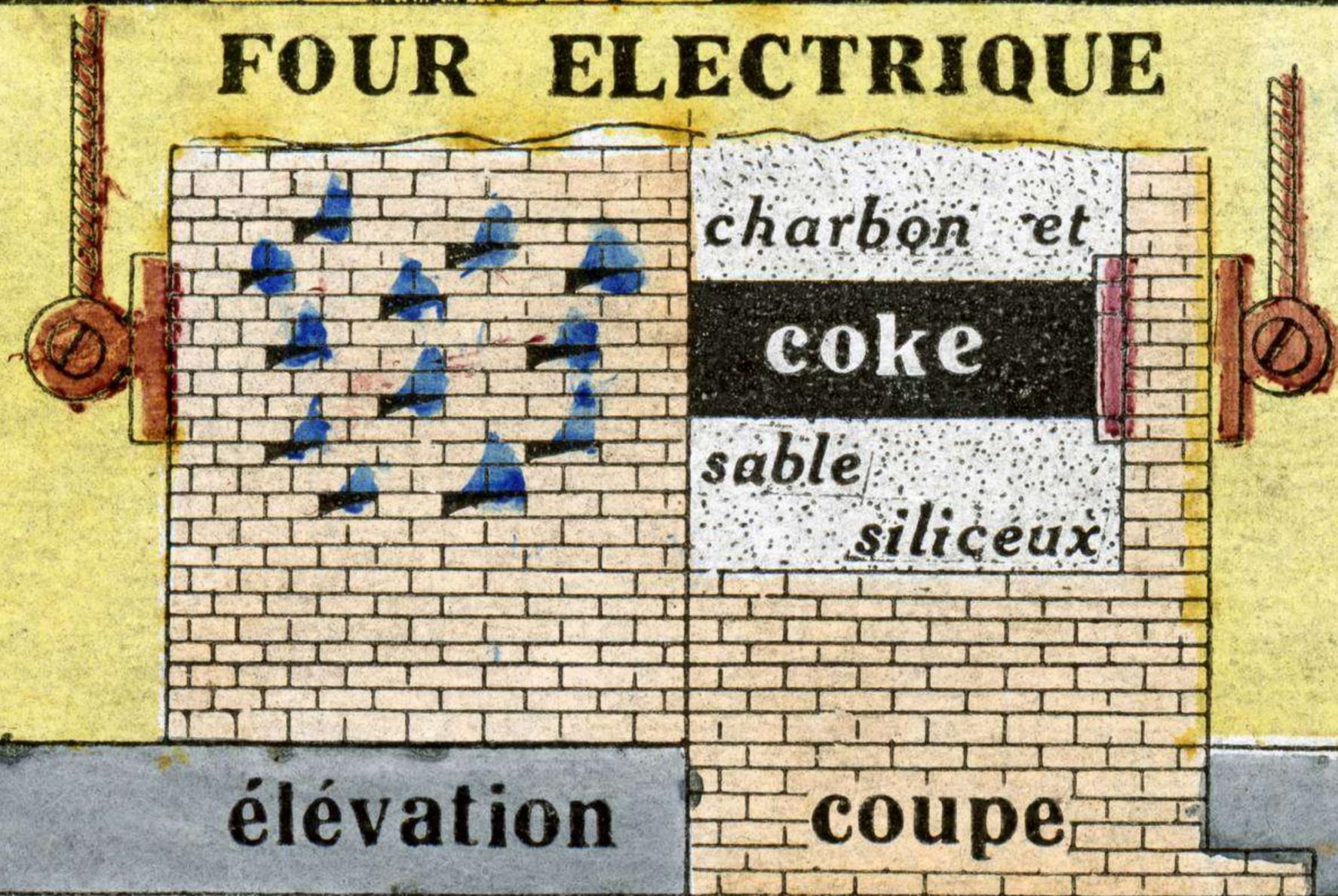
au **FOUR**  
électrique  
le **CARBURE**  
de **CALCIUM**  
absorbe  
l'azote



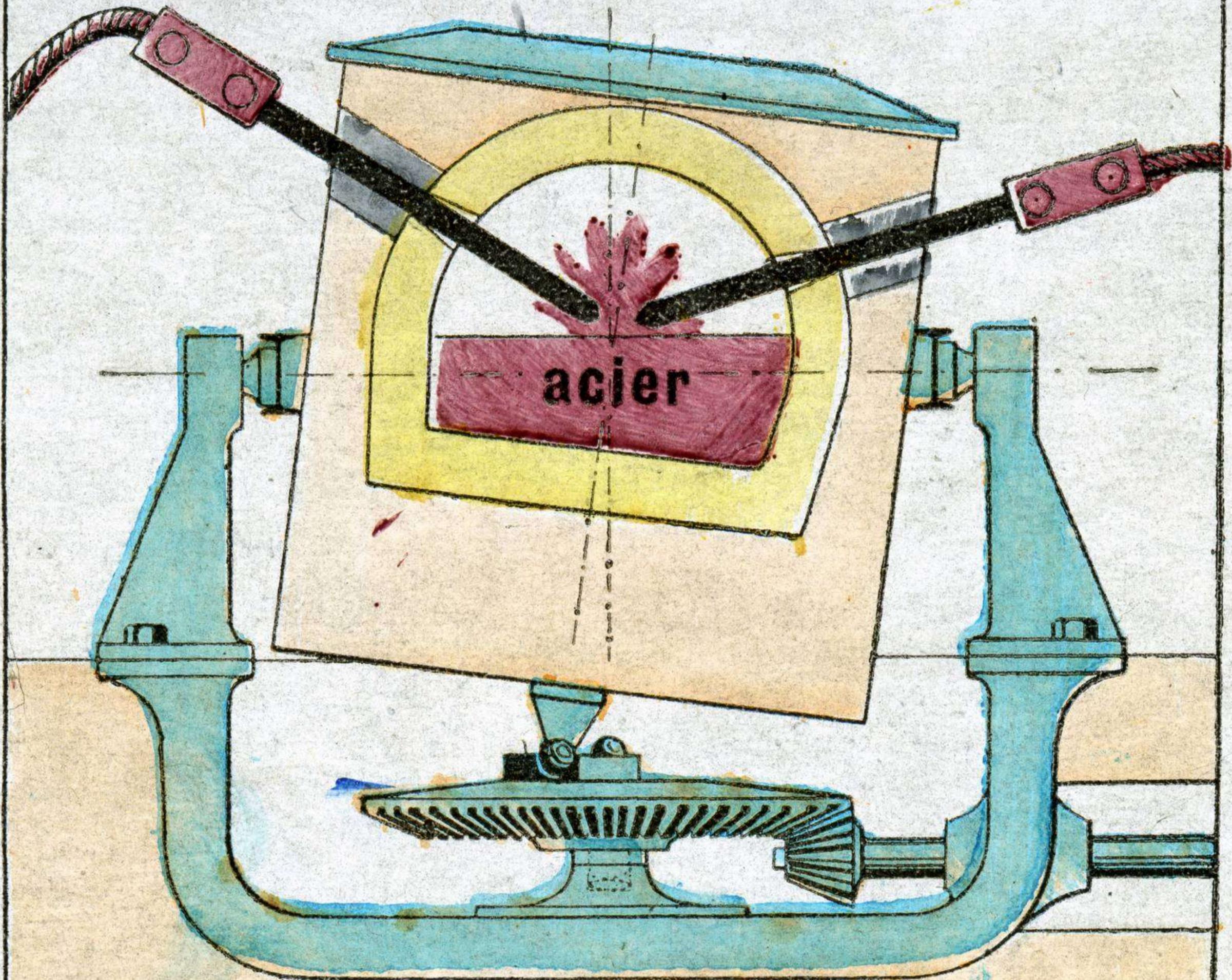
# CARBORUNDUM ou carbure de silicium



## FOUR ELECTRIQUE



# ACIER ELECTRIQUE



12

## Four oscillant

MAZO, ÉDITEUR, 33, Boulevard St-Martin, et 40 bis, 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

## 384. Galvanoplastie - Electrochimie - Electro-Métallurgie

### I. — ÉLECTROLYSE DE L'EAU

#### Vue : Découverte et utilisation industrielle

Donnons d'abord quelques étymologies qui nous serviront à comprendre le langage de l'électrochimie.

**lyse** vient de **luô** qui veut dire **dissoudre**. — **ode** veut dire **route**. — **âno** en **haut**. — **catho** en **bas**. — **ion** allant vers.

C'est le 2 mai 1800 que fut exécutée l'expérience capitale, point de départ de toutes les découvertes modernes sur la décomposition des corps par le courant électrique.

Ayant eu connaissance de l'organe électrique artificiel de « Monsieur Volta », par une communication à la Société royale de Londres, deux physiciens anglais, Carlisle et Nicholson construisirent hâtivement une pile avec des 1/2 couronnes en argent (3 francs) des rondelles de zinc et de carton mouillé.

En tâtonnant pour reconnaître l'électricité positive et négative, ils plongèrent leurs fils dans une goutte d'eau qui laissa dégager des bulles de gaz. En terminant leurs conducteurs par des fils de platine, la décomposition continuait indéfiniment. Ils recueillirent ensuite les gaz produits aux 2 pôles et constatèrent qu'un des pôles fournissait un volume de gaz 2 fois plus grand que l'autre et que le grand volume était de l'Hydrogène alors que le petit était de l'Oxygène.

Aujourd'hui que l'on produit l'électricité à bon marché au moyen de la houille blanche on prépare de l'oxygène et de l'hydrogène en répétant en grand l'expérience de Carlisle et Nicholson, les 2 cloches recouvrant les électrodes sont munies de tubes à dégagement. Une installation comporte 2 ou 300 cloches. Pour que la décomposition s'effectue dans de bonnes

conditions, on utilise des dissolutions alcalines au lieu d'eau pure.

C'est avec des installations ainsi disposées que l'on fabrique l'hydrogène pour le gonflement des ballons dirigeables. L'hydrogène au sortir des cloches est comprimé dans des tubes en acier pour transporter en chemin de fer ou en auto une grande quantité de gaz sous un faible volume.

### II. — DÉCOMPOSITION DU SEL MARIN

#### Vue : Expérience de laboratoire et appareil industriel

Répétant les expériences de Carlisle et Nicholson avec diverses solutions, Cruikshank reconnut bien vite que dans les décompositions le métal se portait toujours au fil attaché au zinc qui est le pôle négatif de la pile. C'est pour cette raison que l'on exprime la marche des décompositions en disant que : **le métal descend le courant, tandis que le métalloïde le remonte.**

Le corps soumis à l'électrolyse s'appelle *électrolyte*, *lithos* voulant dire *Pierre*.

La vue montre l'électrolyse du sel marin. Au pôle positif on perçoit nettement par les yeux et le nez le chlore, le gaz qui se dégage est vert suffocant ; au pôle négatif une parcelle de phtaléine de phénol, le réactif sensible des bases y prend une belle couleur rouge sous l'influence de la soude mise en liberté.

Comme celle de Nicholson, cette expérience est utilisée en grand par l'industrie moderne. Le chlore sert à préparer le chlorure de chaux, et la solution de soude qui se forme au pôle négatif concentrée permet d'obtenir la soude utilisée pour une foule d'usage : blanchiment, blanchissage, fabrication du verre, etc. ; quand à l'eau salée, c'est la mer qui alimente les appareils !

### III. — HYPOCHLORITES & CHLORATES

#### Vue : Electrolyseur Kellner

L'hypochlorite de soude, le chlorate de potasse sont des corps dont les industries modernes font une grande consommation, l'hypochlorite de soude sert surtout dans le blanchiment de pâtes à papier, le chlorate de potasse pour les poudres, etc.

Or, on a remarqué que de l'acide chloreux se produisait dans l'électrolyse de l'eau salée si l'électrolyse s'effectuait à froid, et qu'au contraire il y avait production d'acide chlorique si l'électrolyte était à une température assez élevée — de là à produire industriellement les sels de ces acides par électrolyse, il n'y avait qu'un pas franchi aujourd'hui.

Pour produire l'hypochlorite de soude, on utilise l'électrolyseur Kellner formé d'un bac en ciment, divisé en cases contenant des électrodes à grande surface en toile de platine iridié, et rapprochées, le chlore mis en liberté forme de l'acide hypochloreux qui immédiatement s'allie à la soude mise en liberté. Les eaux pendant leur passage à travers les cases du bac, s'échauffent, on les refroidit à leur sortie pour les faire repasser dans l'électrolyseur jusqu'à ce que la solution soit assez concentrée.

Les appareils à chlorate utilisés à Chedde (fabrique de dynamite-cheddite) ne sont pas encore décrits.

Ces procédés ont tué les anciennes méthodes de préparation de ces sels, et nul ne peut dire où s'arrêtera le progrès dans cette branche de l'électrochimie que l'on appelle électrolyse.

### IV. — LOIS DE FARADAY

#### Vue : Tableau

C'est au grand physicien Faraday que l'on doit la découverte des lois de l'électrolyse, elles sont au nombre de 3. Il est facile dans les laboratoires de les vérifier en intercalant sur le courant principal et sur les courants dérivés des voltamètres et en déterminant ensuite les poids des substances libérées pendant une seconde.

1° La quantité d'électricité qui traverse dans le même temps les différentes sections d'un circuit est partout la même.

2° Quand un circuit principal se sépare en plusieurs branches, la quantité d'électricité qui traverse le circuit principal est la somme des quantités d'électricité qui traversent les branches.

3° 96,600 coulombs libèrent 1 gramme d'hydrogène ou une valence gramme d'un métal (108 gr. d'argent 63.5 gr. de cuivre, etc.

### V. — GALVANOPLASTIE

#### Vue : Appareils directs et indirects

La galvanoplastie a pour but la reproduction d'un objet, d'une médaille, par exemple, au moyen d'un dépôt électrique de métal sur un moule représentant en creux l'objet.

Les moules se font généralement en gutta percha

que l'on rend conducteur en métallisant sa surface au moyen de plombagine. Le moule est suspendu par des fils conducteurs qui le touchent en de nombreux points surtout dans les creux.

Pour obtenir le dépôt on utilise une cuve contenant le sel métallique, elle peut être indépendante de la pile ou faisant partie de la pile même. La vue vous montre ces deux dispositions.

L'appareil simple, dit d'amateur, est formé par un vase en grès contenant une dissolution de sulfate de cuivre par exemple, un vase poreux au milieu contient de l'eau acidulée et une lame de zinc ; dans la dissolution du sulfate sont suspendus les moules et les fils qui les supportent sont reliés au zinc.

On maintient le degré de concentration de la solution de sulfate de cuivre au moyen de cristaux renfermés dans des sachets suspendus en haut du liquide. Plus le dépôt s'effectue lentement, plus il est homogène.

Dans l'industrie on utilise des cuves indépendantes de la source électrique. Une des électrodes, la cathode est en platine, l'autre, l'anode est de même métal que le métal à déposer. Cette anode attaquée par l'acide du bain, maintient son degré de concentration et tout se passe comme si le métal de cette anode se déposait sur les objets traités.

La f. e. m. de la pile n'a pour but que de vaincre la résistance du bain.

Aujourd'hui presque tout le monde utilise des couverts de table en ruolz, c'est-à-dire en cuivre recouvert d'une mince couche d'argent, qui font le service exactement comme des couverts en argent massif. (84 grammes d'argent en moyenne par douzaine de couverts). La galvanoplastie a donné naissance à une industrie considérable.

### VI. — TYPES DE FOURS ÉLECTRIQUES

#### Vue : Schémas

On désigne plus spécialement sous le nom d'électrothermie les procédés qui consistent à utiliser les hautes températures que peut donner l'électricité, et l'on peut ramener à trois types, les nombreuses variétés de fours déjà employés.

1° Dans un premier type, l'arc se forme au-dessus des matières en traitement, ces dernières s'échauffent par rayonnement, ce type sert surtout lorsque l'on veut éviter l'action du carbone de l'électrode sur les substances employées.

2° Si cette action est nulle, et lorsqu'elle est au contraire utile, les électrodes plongent dans les matières du four.

3° Enfin on utilise aussi la chaleur produite par le passage du courant à travers une résistance solide constituée par les matières premières elles-mêmes ou un noyau de coke tassé entre les 2 électrodes.

### VII. — COMBUSTION DE L'AIR

#### Vue : Four Birkeland

C'est en 1898 que Sir Villiam Crookes annonça qu'un mélange d'azote et d'oxygène est combustible, et que si l'éclair n'a pas encore enflammé l'athmos-

phère, cela tient à ce que la température d'inflammation est supérieure à sa température de combustion, c'est-à-dire que pour enflammer ce mélange, il faut une température de 3.000°, en brûlant, le mélange ne dégage que 1.000 degrés au plus et par conséquent ne peut enflammer les parties avoisinantes.

Pour brûler l'air on utilise les fours Birkeland. Supposez un grand tambour plat au centre duquel arrive les charbons donnant l'arc électrique.

Afin que la flamme soit circulaire et plate, les fonds du tambour laissent passer les pôles d'un électroaimant qui créent dans le tambour un champ magnétique donnant l'effet désiré. Un ventilateur envoie l'air à brûler.

## VIII. — SYNTHÈSE DE L'ACIDE NITRIQUE & DES NITRATES

### Vue : Appareils de Nottoden

Le résultat de la combustion est du bioxyde d'azote que l'on refroidit rapidement au-dessous de 1.000° pour qu'il ne se décompose pas lui-même, le bioxyde d'azote se transforme, nous le savons, en vapeurs nitreuses ou peroxyde d'azote. Ces vapeurs traversant des tours en granite où s'écoule de l'eau en pluie, donnent de l'acide nitrique étendu que l'on rectifie ensuite. Enfin pour ne rien perdre les dernières vapeurs nitreuses traversent une autre série de tours contenant des lessives de soude et donnant du nitrate de soude, ce fameux engrais chimique dont le Chili avait jusqu'alors la production. La concurrence s'annonce terrible entre l'engrais naturel et l'engrais fabriqué électriquement toujours en utilisant l'eau de la mer (soude) et l'énergie électrique des Fiords norvégiens.

A Nottoden, les arcs Birkeland ont 3 mètres de diamètre et chaque four exige une puissance de 4.000 chevaux, le courant a une puissance de 5.000 volts. Une tour coûte 300.000 francs! et bientôt si cela n'est déjà fait plus de 500.000 chevaux fabriqueront ainsi de l'acide nitrique et du nitrate de soude.

## IX. — CARBURE DE CALCIUM

### Vue : Four à carbure

C'est un des premiers produits industriels de l'électrochimie, et la découverte de sa préparation par l'électricité revient au chimiste français Moissan et à son collaborateur Bullier.

A la température du four électrique un mélange de charbon et de chaux vive donne de l'oxyde de carbone et du carbure de calcium. Liquide à cette température le carbure devient à froid un solide grisâtre décomposant l'eau en donnant l'acétylène. L'acétylène, rappelons-le sert à l'éclairage et à la soudure autogène. Quant au carbure, les chimistes qui en fabriquaient trop à un moment donné ont fini par lui trouver un usage étonnant ils l'ont transformé en engrais comme nous le verrons tout à l'heure.

Pour préparer le carbure on se sert du type de four n° 2, c'est-à-dire du four dans lequel l'arc électrique jaillit au sein de la masse. Une électrode de la grosseur d'un homme descend dans le four par un

système de poulies, l'autre électrode du four est le fond du four lui-même réuni par des barres conductrices aux bornes d'un transformateur. La température de l'électrode est telle qu'il faut un courant d'eau pour refroidir la mâchoire qui la supporte et qui est creuse pour laisser passer le courant d'eau. Sur la plate-forme du four un ouvrier charge à la pelle le mélange de chaux vive et de charbon qui a été préparé à l'avance.

Une flamme bleuâtre entoure l'électrode c'est l'oxyde de carbone qui brûle, le carbure s'amasse au fond du four et on le coule dans des moules coniques. Refroidi, il va au concassage et est enfermé dans des cylindres de tôle ondulée. c'est dans ces récipients que les commerçants le reçoivent. 1 kilogramme de carbure doit donner 300 litres d'acétylène.

## X. — CYANAMIDE

### Vue : Un tonneau de cyanamide

On peut l'appeler du « guano minéral ». On avait remarqué au début de la fabrication du carbure de calcium qu'il absorbait à chaud une certaine quantité d'azote, des chimistes établirent qu'il s'agissait d'une véritable combinaison. Introduite dans le sol cette combinaison au contact de l'humidité donne de l'ammoniaque et un résidu de craie. Le corps nouveau appelé cyanamide était donc un engrais pouvant concurrencer le sulfate d'ammoniaque, employé malgré son prix élevé dans la culture des céréales.

La fabrication de la « cyanamide » s'effectue dans des fours du type n° 3. Pour éviter l'usure rapide de l'électrode il est nécessaire de n'utiliser que de l'azote pur provenant de la distillation de l'air liquide et enfin on débarrasse la cyanamide du carbure en excès en noyant le produit dans l'eau.

## XI. — CARBORUNDUM

### Vue : Four et meule

A haute température le carbone donne avec le silicium un carbure de silicium, corps dur, abrasif, et qui est utilisé au lieu et place de l'émeri par l'industrie pour fabriquer des meules, des pierres d'aiguillage, etc.

Ce sont les Américains qui, les premiers, ont fait usage de ce corps nouveau aujourd'hui préparé en Savoie. Les matières premières, coke en poudre et sable siliceux sont chargées sur une table en briques; au sein de leur masse, on pilonne un noyau de coke granulé qui, traversé par le courant portera toute la masse à haute température. C'est donc un véritable four électrique, à chauffage par rayonnement.

De chaque côté de la masse on élève des murettes en briques en laissant des trous, l'oxyde de carbone qui se dégage pendant la réaction brûle en s'échappant par les trous des murettes. L'opération dure 30 heures. La masse broyée est ensuite classée par numéros au moyen de tamiseurs mécaniques. Les petits grains obtenus sont ensuite comprimés à haute température dans des moules pour donner des meules des pierres à aiguiser, etc.

## XII. - L'ACIER ÉLECTRIQUE

### Vue : Four oscillant

L'acier a remplacé le fer parce qu'à poids égal il est plus résistant et peut travailler à un coefficient plus élevé du double.

Néanmoins pour être certains de leurs constructions les ingénieurs sont encore obligés d'adopter dans leurs calculs des coefficients de sécurité très élevés pour qu'elles ne dépendent pas d'une paille, d'une soufflure.

Une fabrication toujours plus parfaite amène évidemment l'abaissement de ces coefficients et l'on retrouve largement dans le moindre poids de métal em-

ployé la plus value que l'on est obligé de payer en raison de la finesse de l'acier.

La production des aciers fins bon marché et en grande quantité est donc le grand problème actuel de la métallurgie et « la guerre aidant ! » on a fait dans cette voie au moyen des fours électriques, un grand progrès.

Le four que vous présente le tableau est un four oscillant qui permet le brassage mécanique de la masse en fusion ; certains de ces fours peuvent traiter en une seule fois 15 tonnes d'acier ordinaire et le transformer en un produit analogue aux plus fins aciers au creuset.

La siderurgie électrique est à son aurore et le prix toujours plus élevé du charbon lui assure un grand développement au XX<sup>e</sup> siècle.

## LISTE DE NOTRE SÉRIE DE VUES D'ENSEIGNEMENT SUR PAPIER TRANSPARENT

Pour la projection on découpe et on place simplement chaque vue entre deux verres, afin de l'introduire dans le châssis porte-vue de l'appareil.

### PHYSICO-CHIMIE

- 302 La matière, les atomes et les molécules.
- 303 L'énergie et ses aspects
- 304 L'énergie est indestructible
- 305 L'éther et les rayons X.
- 306 La radioactivité

### LA CHIMIE MINÉRALE

#### Métalloïdes

- 308 L'oxygène, l'hydrogène, l'eau, l'air, le soufre.
- 309 La famille de l'azote et du chlore.
- 310 La famille du carbone.
- 328 Une mine de houille.

#### Métaux

- 318 Les métaux terreux et alcalins.
- 319 L'aluminium et le ciment.
- 326 L'industrie du verre
- 327 L'industrie de la céramique.
- 320 Le cuivre et les alliages.
- 321 Plomb, étain et zinc.
- 301 La fonte, le fer et l'acier au XX<sup>e</sup> siècle.
- 325 Le travail des métaux — Fonderie et tréfilerie.
- 326 Machines-outils.
- 324 Les métaux précieux.
- 323 Sels métalliques.

NOTA. — Toutes ces conférences sont bien complétées avec notre boîte du chimiste-projectionniste qui permet de projeter les préparations et les réactions des cours.

### PHYSIQUE

#### Eléments de Mécanique

- 322 Le système métrique.
- 329 Le temps.
- 315 Des forces

- 316 Des mouvements.
- 330 Les principaux mécanismes.
- 331 Les forces en équilibre.
- 332 Les mouvements en équilibre.

#### La pesanteur

- 317 La pesanteur, masse, travail.
- 333 Les liquides en équilibre
- 334 La pression atmosphérique.
- 335 Les liquides en mouvement (houille blanche).
- 336 Ballons sphériques et dirigeables.
- 337 Aéroplanes.
- 338 Les navires et paquebots.
- 339 La guerre sous-marine.

#### La chaleur

- 342 La température.
- 343 Les changements d'état.
- 344 Les vapeurs.
- 307 L'industrie du froid
- 345 Le chauffage domestique
- 346 Calorimétrie, Thermo-dynamique
- 347 Conductibilité, Rayonnement de la chaleur.
- 348 La météorologie.
- 349 Les générateurs à vapeur
- 350 La machine à vapeur.
- 351 Les machines thermiques modernes.
- 352 La locomotive.
- 353 Les moteurs à gaz et à pétrole.
- 354 L'automobile

#### Electricité

- 360 Les mouvements vibratoires.
- 361 Classification des phénomènes électriques.
- 362 Les unités électriques.
- 363 Piles et accumulateurs.
- 364 Mesure des courants.
- 365 Electrostatique. Phénomènes fondamentaux.

- 366 Champs électriques, le flux électrique
- 367 Le potentiel
- 368 Capacité et condensateurs.
- 369 Influence et machines.
- 370 Magnétisme.
- 371 Electro-magnétisme
- 372 Force électro-magnétique.
- 373 Induction.
- 374 Télégraphe. Téléphone.
- 375 Dynamos Théorie).
- 376 Dynamos (Types)
- 377 Moteurs à courants continus. Applications
- 378 Courants alternatifs (Théorie).
- 379 Alternateurs.
- 380 Transports d'énergie, Alternateurs, Transformateurs.
- 381 Bobines d'induction, Oscillations.
- 382 Télégraphie sans fil.
- 383 Eclairage électrique.
- 384 Applications diverses, Electrochimie
- 385 Electricité atmosphérique.
- 386 Magnétisme terrestre
- 387 Canalisations électriques.

#### Lumière et Acoustique

Les leçons sur la Lumière et l'Acoustique seront terminées dans le courant de l'année.

#### COSMOGRAPHIE

- 313 La fin et la formation des mondes.
- 314 La lune, comment la lune tombe sur la terre.

#### HYGIÈNE

- 311 L'action générale des microbes.
- 312 La vaccination et la sérothérapie.

#### CHIMIE ORGANIQUE

*En preparation.*

## EN COURS D'ÉDITION

ZOOLOGIE : 30 leçons.  
BOTANIQUE : 30 leçons.

GÉOLOGIE : 20 leçons.  
PALÉONTOLOGIE : 10 leçons.

COSMOGRAPHIE : 10 leçons.  
HYGIÈNE : 10 leçons.

### COURS D'HISTOIRE GÉNÉRALE

Nota. — Se tenir au courant des nouvelles séries qui paraissent à raison de deux par semaine.

Demander nos 4 leçons sur les Etats-Unis. — Géographie économique. — Histoire — La vie américaine — En Pullmann Car.