

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

1- [Le Conservatoire numérique](#) communément appelé [le Cnum](#) constitue une base de données, produite par le Conservatoire national des arts et métiers et protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle. La conception graphique du présent site a été réalisée par Eclydre (www.eclydre.fr).

2- Les contenus accessibles sur le site du Cnum sont majoritairement des reproductions numériques d'œuvres tombées dans le domaine public, provenant des collections patrimoniales imprimées du Cnam.

Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n° 78-753 du 17 juillet 1978 :

- la réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur ; la mention de source doit être maintenue ([Cnum - Conservatoire numérique des Arts et Métiers - https://cnum.cnam.fr](#))
- la réutilisation commerciale de ces contenus doit faire l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

3- Certains documents sont soumis à un régime de réutilisation particulier :

- les reproductions de documents protégés par le droit d'auteur, uniquement consultables dans l'enceinte de la bibliothèque centrale du Cnam. Ces reproductions ne peuvent être réutilisées, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.

4- Pour obtenir la reproduction numérique d'un document du Cnum en haute définition, contacter [cnum\(at\)cnam.fr](mailto:cnum(at)cnam.fr)

5- L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

6- Les présentes conditions d'utilisation des contenus du Cnum sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

NOTICE DE LA REVUE	
Auteur(s) ou collectivité(s)	Laboratoire d'essais mécaniques physiques chimiques et de machines du Conservatoire national des Arts et Métiers
Auteur(s)	Laboratoire d'essais mécaniques physiques chimiques et de machines du Conservatoire national des Arts et Métiers
Titre	Bulletin du Laboratoire d'essais mécaniques, physiques, chimiques et de machines du Conservatoire National des Arts et Métiers
Adresse	Paris : Librairie Polytechnique Ch. Béranger, éditeur, 1903-1931
Nombre de volumes	23
Cote	CNAM-BIB P 1329-A
Sujet(s)	Conservatoire national des arts et métiers (France) Génie industriel -- 20e siècle
Notice complète	https://www.sudoc.fr/039047083
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?P1329-A
LISTE DES VOLUMES	
	N° 1 - Tome I (1903-1904)
	N° 2 - Tome I (1903-1904)
	N° 3 - Tome I (1903-1904)
	N° 4 - Tome I (1903-1904)
	N° 5 - Tome I (1903-1904)
	N° 6 - Tome I (1905-1906)
	N° 7 - Tome I (1905-1906)
	N° 8 (1906)
	N° 9 (1906)
	N° 10 (1907)
	N° 11 (1907)
	N° 12 (1907)
	N°13 (1908)
	N°14 (1908)
	N°15 (1908)
	N°16 (1911)
	N°17 (1917)
	N°18 (1919)
	N°19 (1919)
VOLUME TÉLÉCHARGÉ	N° 20 (1922)
	N° 21 (1924)
	N°22 (1927)
	N°23 (1931)

NOTICE DU VOLUME TÉLÉCHARGÉ	
Auteur(s) volume	Laboratoire d'essais mécaniques physiques chimiques et de machines du Conservatoire national des Arts et Métiers
Titre	Bulletin du Laboratoire d'essais mécaniques, physiques, chimiques et de machines du Conservatoire National des Arts et Métiers
Volume	<u>N° 20 (1922)</u>
Adresse	Paris ; Liège : Librairie Polytechnique Ch. Béranger, éditeur 1922
Collation	1 vol. (9 p.) : fig. ; 24 cm
Nombre de vues	16
Cote	CNAM-BIB P 1329-A (20)
Sujet(s)	Conservatoire national des arts et métiers (France) Génie industriel -- 20e siècle
Thématique(s)	Histoire du Cnam
Typologie	Revue
Langue	Français
Date de mise en ligne	10/04/2025
Date de génération du PDF	10/04/2025
Notice complète	https://www.sudoc.fr/039047083
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?P1329-A.20

P 1329-A

8° Ku 107 (115)

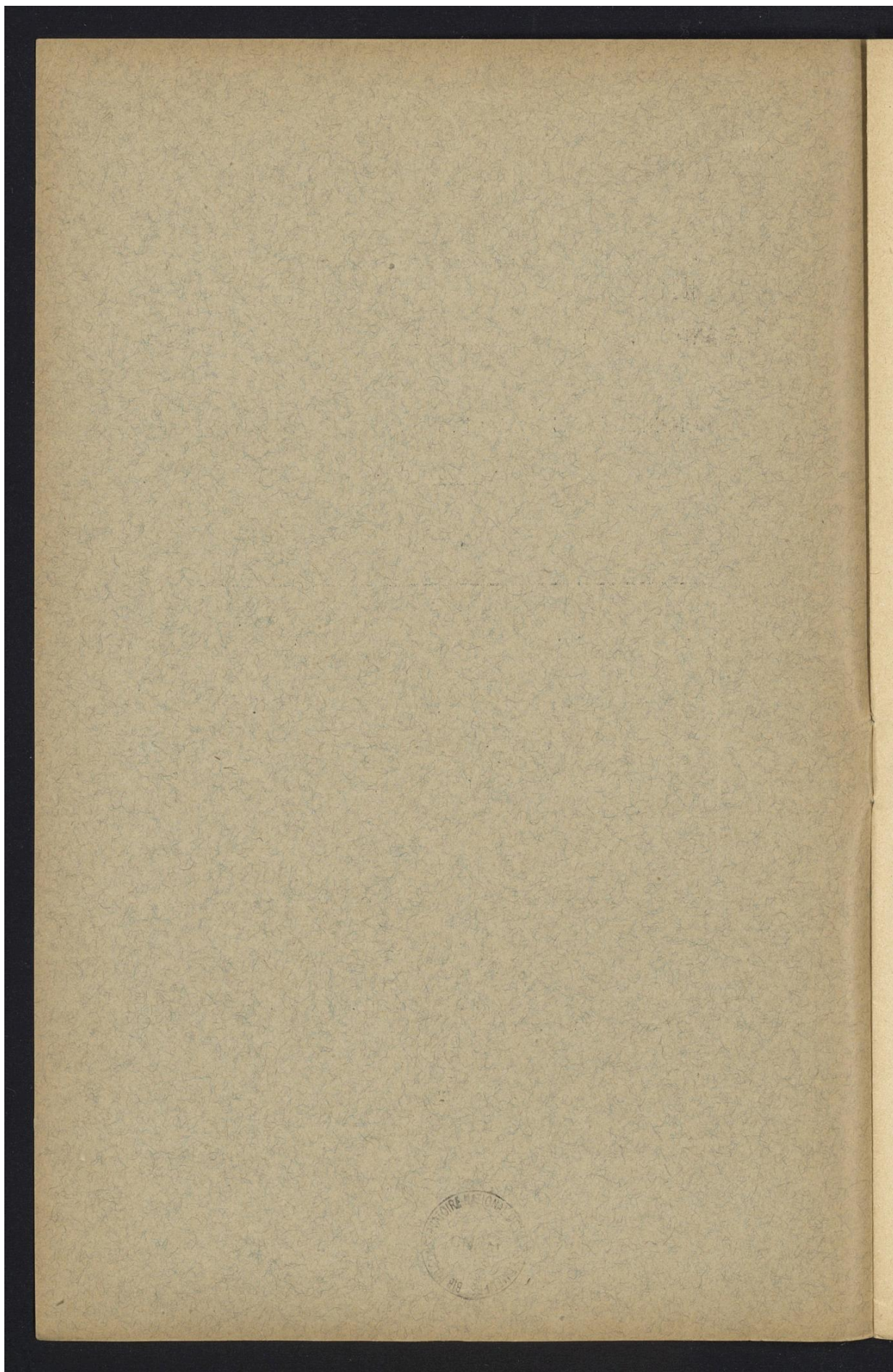
BULLETIN
DU
LABORATOIRE D'ESSAIS
MÉCANIQUES, PHYSIQUES, CHIMIQUES ET DE MACHINES
DU
CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

N° 20

NOTE
SUR LES VARIATIONS
DE LA
HAUTEUR DE REBONDISSEMENT
D'UN MOUTON
EN FONCTION DU NOMBRE DE CHOCS
PAR
C. DROUILLARD
Assistant au Service de Essais de Métaux

PARIS & LIÈGE
LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE CH. BÉRANGER
PARIS, 15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15
LIÈGE, 8, RUE DES DOMINICAINS, 8

1922
Tous droits réservés



80 Ku 107 (115)

NOTE
SUR LES VARIATIONS
DE LA
HAUTEUR DE REBONDISSEMENT
D'UN MOUTON

EN FONCTION DU NOMBRE DE CHOCS

PAR

C. DROUILLARD

Assistant au Service des Essais de Métaux

I. — Insuffisance du procédé actuel pour comparer les duretés

La hauteur du rebondissement d'un petit mouton tombant d'une hauteur constante, ne saurait être envisagée comme une grandeur permettant de comparer, pour des corps différents, ce qu'on a l'habitude de dénommer la dureté.

On sait que, par exemple, la hauteur de rebondissement, après choc sur l'acier, est moins élevée que sur l'ébonite, en sorte que si l'on envisageait l'essai, comme mettant seulement en évidence la dureté, ce résultat conduirait au paradoxe de l'ébonite plus dure que l'acier.

C'est, qu'en effet, le rebondissement est un phénomène complexe dans lequel interviennent à la fois : la cohésion, l'élasticité, la ductilité, la friabilité, etc.

Le Laboratoire d'Essais ne prend pas la responsabilité des opinions scientifiques et techniques soutenues par les collaborateurs du *Bulletin*.

Dans l'essai tel qu'il était pratiqué jusqu'ici, on ne tenait compte que d'un seul rebondissement en un point du métal, quitte à répéter l'opération en des points différents et à prendre la moyenne des hauteurs de rebondissement.

En raison même du grand nombre de facteurs qui interviennent dans le phénomène, il est évident qu'une seule mesure ne suffit pas pour pouvoir faire ressortir une ou plusieurs caractéristiques de l'échantillon essayé.

Ce qui précède est confirmé par les expériences qui font l'objet du tableau suivant et qui ont été effectuées avec un appareil de rebondissement muni d'un mouton à pointe mousse de diamant (fig. 1).

Les résultats montrent que les différentes caractéristiques de chacune des matières essayées ne sont pas décelées par la lecture de la hauteur de rebondissement au premier choc.

Il ne paraît pas possible, dans ces conditions, de donner une interprétation aux chiffres figurant sur ce tableau. En tous cas, il résulte d'un simple examen de ce tableau, que les hauteurs de rebondissement qui leur sont afférentes, ne classent point les corps suivant leur dureté.

Nous exposons, ci-après, une méthode susceptible de permettre d'obtenir des indications plus étendues. Cette méthode est basée sur *les variations des hauteurs de rebondissement en fonction du nombre de chocs successifs, sur un même point.*

TABLEAU DES HAUTEURS DE REBONDISSEMENT
OBTENUES SUR DIFFÉRENTS PRODUITS AVEC APPAREIL DE REBONDISSEMENT
muni d'un mouton à pointe mousse de diamant.

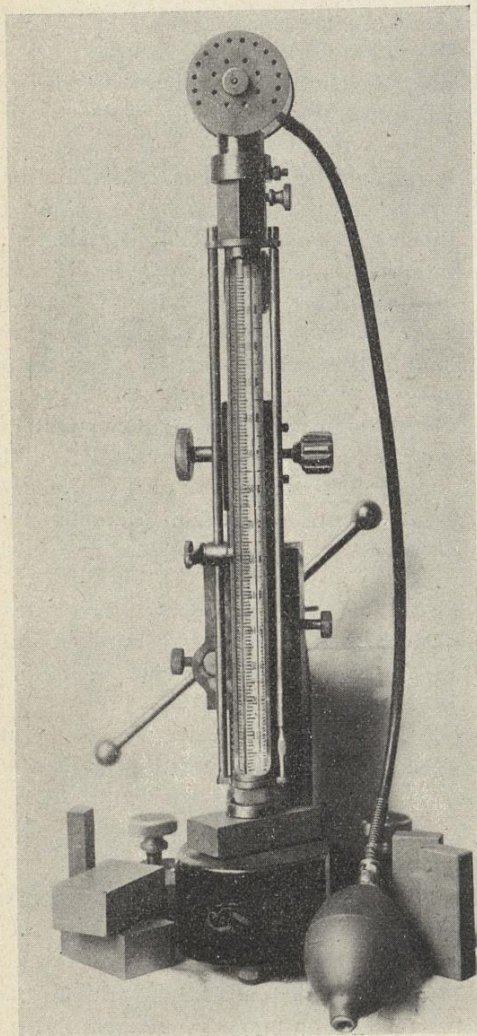


Fig. 1. — Appareil de rebondissement.

Matières essayées (échantillons de 1 cm ³)	Hauteurs de rebondisse- ment (divisions de l'appareil) (1)
Quartz.	110
Verre, glace . . .	105
Acier extra-dur rayant la glace .	61
Ebonite	62
Ebonite mousse . .	30
Acier extra-doux .	18
Or	8
Charbons pour col- lecteurs de dyna- mos	30

(1) 140 divisions de l'appareil correspondent à 250 millimètres.

II. — Variations des Hauteurs de rebondissement en fonction du nombre de chocs successifs sur un même point. — Diagrammes

Nous avons répété, sur un même point, l'expérience des chocs du mouton à pointe mousse, et nous avons étudié la loi des variations des hauteurs de rebondissement en fonction du nombre de chocs, particulièrement sur des métaux et alliages écrouissables à la température ordinaire, puis sur des matières différentes.

On peut s'expliquer de la manière suivante les variations des hauteurs de rebondissement, en fonction du nombre de chocs.

En ce qui concerne les métaux et alliages écrouissables, la limite élastique est en général dépassée au premier choc, d'où, au point d'impact, une déformation permanente parfois très petite mais mesurable. Il en résulte un commencement d'écrouissage qui a pour effet de relever la limite élastique primitive au point d'impact et dans les points immédiatement voisins, en même temps que la surface d'impact s'accroît.

Pour les chocs suivants, la hauteur de chute du mouton restant constante, il arrivera un moment où les pressions développées par le choc entre la pointe mousse du mouton et le métal essayé seront inférieures ou au plus égales à la limite élastique acquise par les chocs précédents. En conséquence, après une série de variations, la hauteur limite étant atteinte, le rebondissement demeurera constant.

Il est donc à prévoir que le nombre de chocs correspondant à la hauteur limite et la valeur même de cette hauteur puissent fournir des indications intéressantes sur une ou plusieurs des propriétés du métal ou de l'alliage, et qu'il soit possible d'établir des diagrammes comparatifs.

Si l'on porte en abscisses le nombre de chutes successives sur le même point, en ordonnées les hauteurs correspondantes de rebondissement, on obtient un diagramme qui confirme, en les précisant les observations précédentes.

III. — Méthode des diagrammes appliquée aux métaux et alliages écrouissables

Pour les *métaux et alliages écrouissables* à la température ordinaire, la courbe des rebondissements tend à prendre plus ou moins rapidement l'aspect d'une droite, parallèle à l'axe des chutes.

L'influence de la forme et des dimensions est évitée par l'emploi d'éprouvettes cubiques, identiques de 1 cm. de côté.

Les échantillons des métaux utilisés pour les expériences ont été essayés tels qu'ils nous ont été livrés après fabrication.

En procédant comme il vient d'être dit nous avons obtenu sur différents

métaux écrouissables : *acier doux*, *zinc*, *cuivre*, *aluminium*, les diagrammes ci-après.

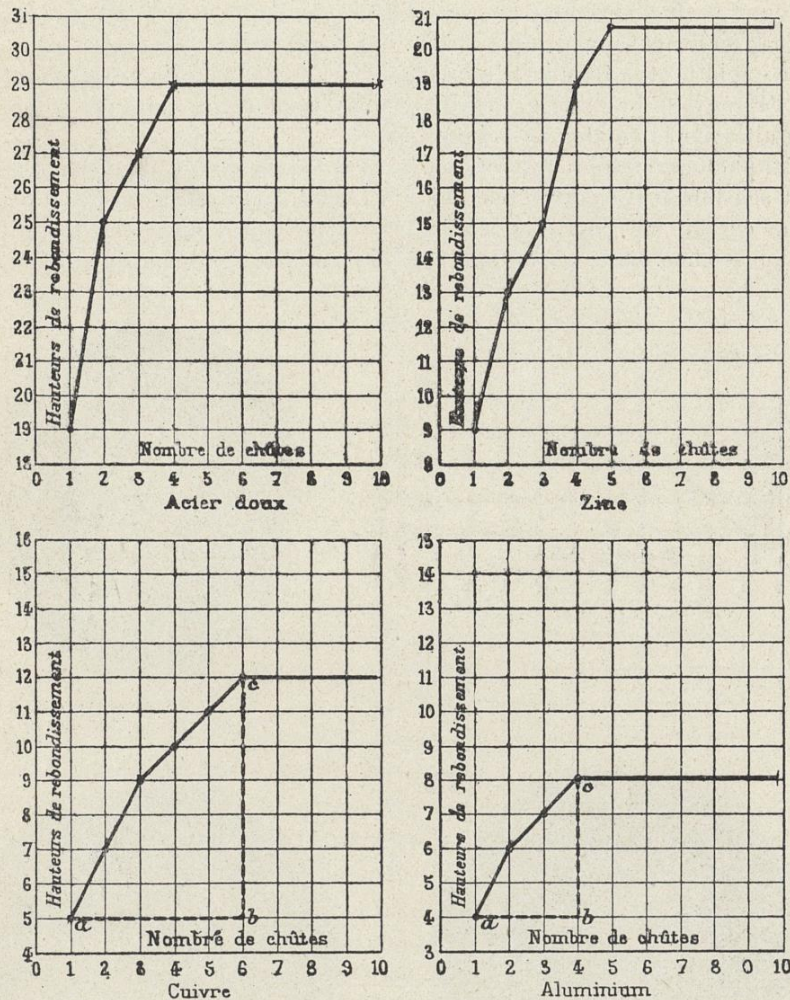


Fig. 2. — Diagrammes de l'acier doux, du zinc, du cuivre, de l'aluminium.

De leur examen, il résulte que les variations successives des hauteurs de rebondissements, la *hauteur-limite* ainsi obtenue et le nombre de chûtes nécessaires pour obtenir cette hauteur limite, sont des caractéristiques du métal essayé. Il serait facile, par des expériences méthodiques relatives aux diverses nuances de ces métaux ou alliages, d'établir pour chacune d'elle, la courbe et plus particulièrement la hauteur-limite correspondantes.

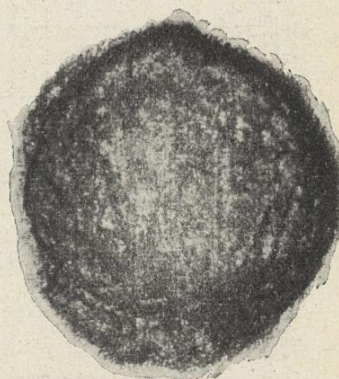
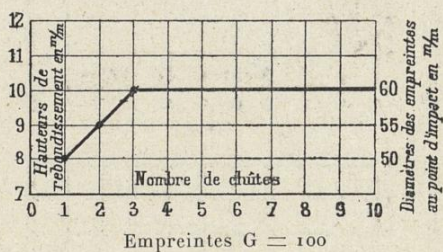


IV. — Méthode des diagrammes appliquée à l'or

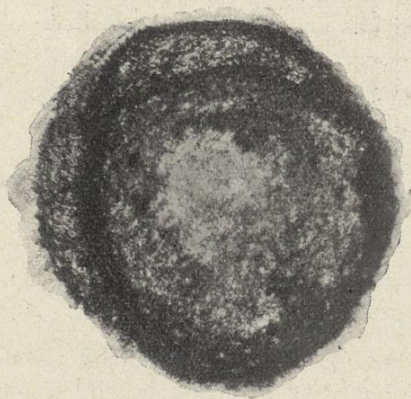
Pour l'or, le diagramme met en évidence que la hauteur limite est atteinte par accroissements égaux après trois chutes successives.

La rapidité et la régularité avec laquelle la hauteur limite se trouve atteinte sur l'éprouvette or nous a conduit à établir les photogrammes des empreintes produites par le mouton au point d'impact.

Ces photogrammes montrent que les accroissements du diamètre d'impact sont sensiblement égaux d'une chute à l'autre. En d'autres termes, avec une même énergie de choc, les diamètres augmentent d'une même quantité du 1^{er} au 3^e choc. Ces constatations s'expliquent par l'extrême ductilité de l'or.



Un choc, diamètre 50 mm.



Deux chocs, diamètre 55 mm.



Trois chocs, diamètre 60 mm.

Fig. 3. — Diagramme et photogrammes d'empreintes successives sur l'or.

V. — Méthode des diagrammes appliquée au contrôle de l'état de recuit ou d'écrouissage des métaux ou alliages

En ce qui concerne les *métaux ou alliages écrouissables* pour un échantillon donné, et toutes choses égales d'ailleurs, les hauteurs de rebondissement s'élèvent suivant que s'accroît la limite élastique du fait des écrouissages effectués par les chocs successifs du mouton.

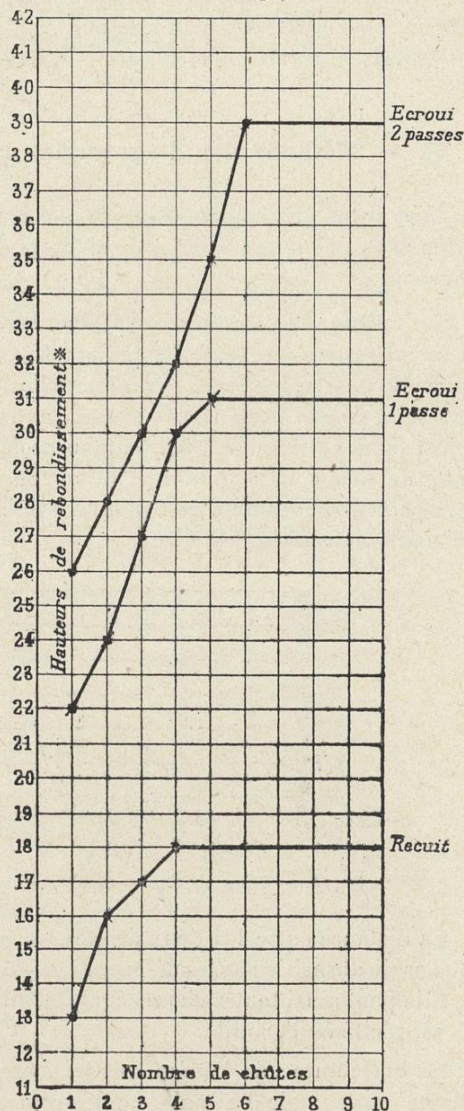
On est fondé à admettre que les hauteurs de rebondissement varient dans le même sens que la limite élastique et d'autant moins que la faculté de déformation du métal ou de l'alliage considéré est plus grande.

Il s'ensuit que les diagrammes établis comme il a été indiqué sont en rapport étroit avec l'état d'écrouissage ou de recuit et qu'ils doivent permettre de suivre avec une approximation pratiquement satisfaisante les variations de chacun de ces facteurs en fonction du traitement subi.

Les diagrammes ci-après montrent comment se classent, comparativement à une éprouvette en maillechort à l'état de recuit, des éprouvettes de même composition diversement écrouies.

L'énergie cinétique du mouton restant constante, l'aire comprise entre l'axe des abscisses et les ordonnées 1 et 4 (diagramme maillechort recuit) représente sensiblement l'énergie restituée du 1^{er} au n^e choc, elle est donc en rapport étroit avec la somme des déformations permanentes effectuées sur chaque éprouvette par un même travail.

De ce fait il devient possible



* Les hauteurs de rebondissement indiquées correspondent à la graduation de l'appareil utilisé (Fig. 1)
10 divisions = 0^{mm} 016

Fig. 4. — Diagrammes d'échantillons de maillechort de même composition à différents états d'écrouissage et à l'état de recuit.

d'obtenir de ces diagrammes des indications pratiquement satisfaisantes sur le o/o de grandeur de cette faculté de déformation qu'il est utile de pouvoir apprécier, lorsque le métal ou l'alliage doit subir à la température ordinaire, des traitements mécaniques mettant à contribution cette propriété, estampage, frappe, matricage, etc. pour lesquels il pourra être nécessaire dans certains cas de prévoir le recuit du métal entre différentes passes.

VI. — Méthode des diagrammes appliquée à diverses matières

Nous avons pris comme exemple, des matières de constitution atomique très différentes : ébonite ; acier spécial extra-dur ; verre ; quartz ; agglomérés de charbon.

Sur l'ébonite les hauteurs de rebondissement du mouton à pointe mousse de diamant restent constantes et égales à 62, il y a cependant en déformation permanente observable après le premier choc.

Si l'on répète l'expérience sur un autre point de l'éprouvette d'ébonite en substituant au mouton à pointe mousse de diamant un mouton de même poids mais de forme telle qu'il n'y ait aucune déformation permanente au point d'impact le diagramme de l'ébonite présentera ce même palier (Hauteurs de rebondissements égales) à 102.

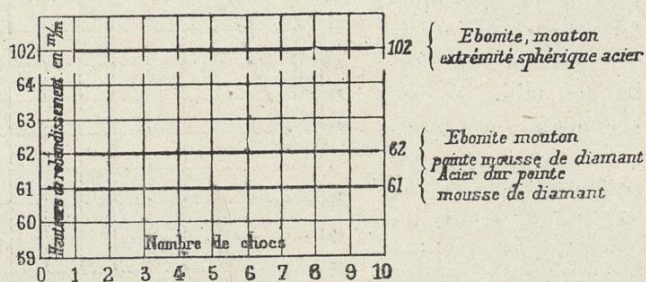


Fig. 5. — Diagrammes comparés de l'ébonite et de l'acier extra-dur.

La distance entre les deux droites est en relation directe avec la variation d'énergie absorbée par les déformations dans les deux cas après le premier choc.

Elle peut ainsi toutes choses égales d'ailleurs servir utilement au contrôle de la plasticité de l'ébonite.

Le diagramme de l'acier spécial extra-dur essayé, donne également une droite horizontale 61 mais, contrairement à ce qui a lieu pour l'ébonite la substitution de mouton ne change que peu ou pas suivant l'échantillon la hauteur du palier.

Les matières friables sont caractérisées par une courbe décroissant plus ou moins rapidement, au fur et à mesure qu'augmente le nombre de chocs.

Sur le *verre*, la première hauteur de rebondissement, est l'une des plus élevée obtenue au cours des essais effectués. Pour des chocs successifs sur un même point, les hauteurs de rebondissement sont d'abord constantes, ce n'est qu'après quelques chocs qu'elles tendent à décroître plus ou moins rapidement, parfois très brusquement suivant que l'échantillon est plus ou moins friable.

Sur le *quartz*, moins friable que le verre, les hauteurs de rebondissement

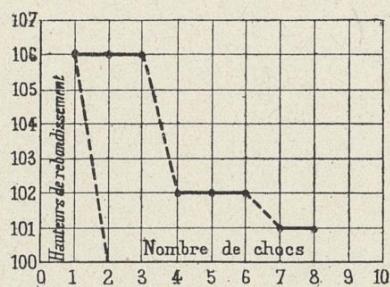


Fig. 6. — Diagramme des variations des hauteurs de rebondissement sur le verre glace.

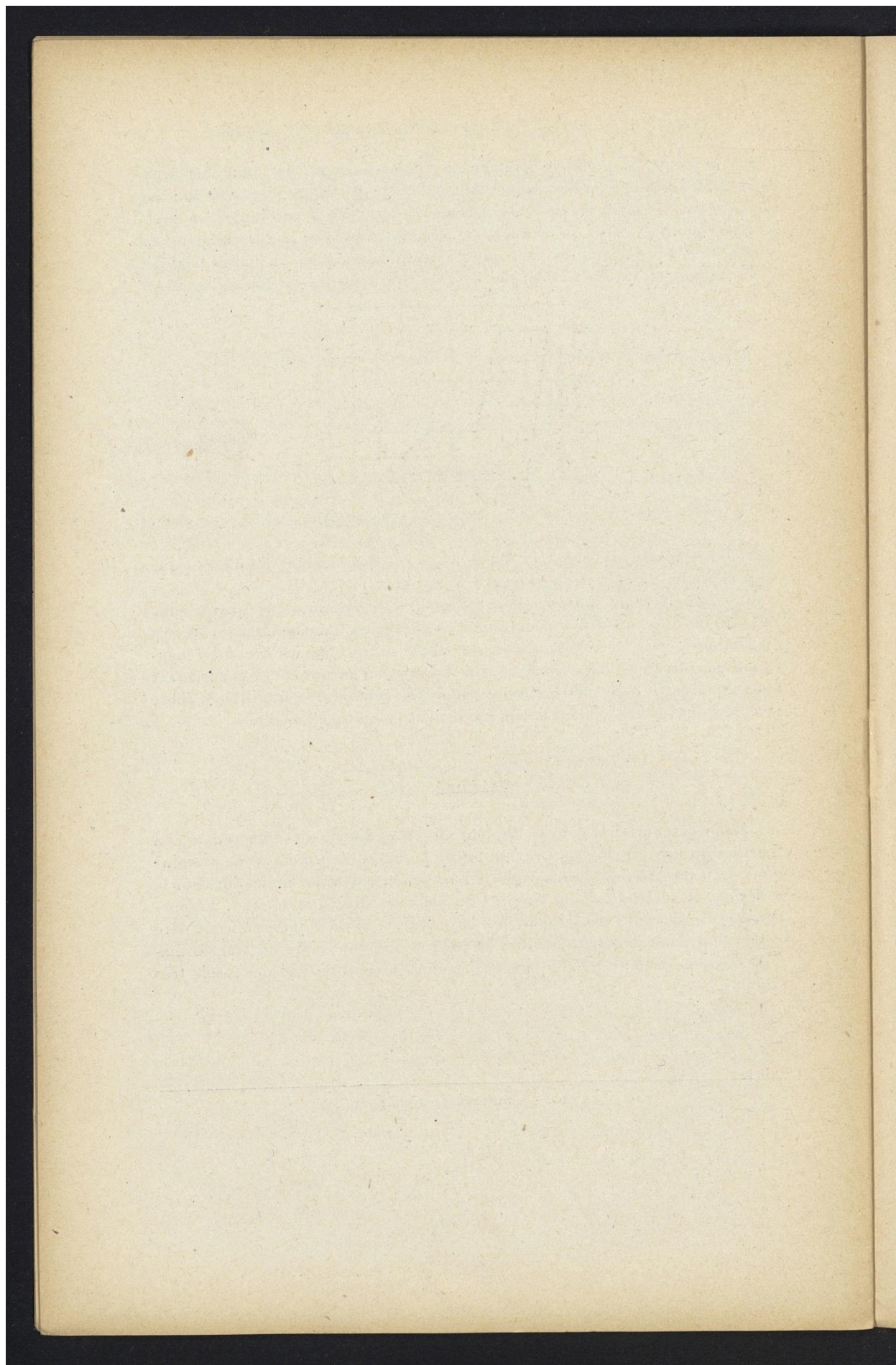
diminuent mais faiblement et d'une manière sensiblement régulière pour un nombre de chocs variable suivant l'échantillon.

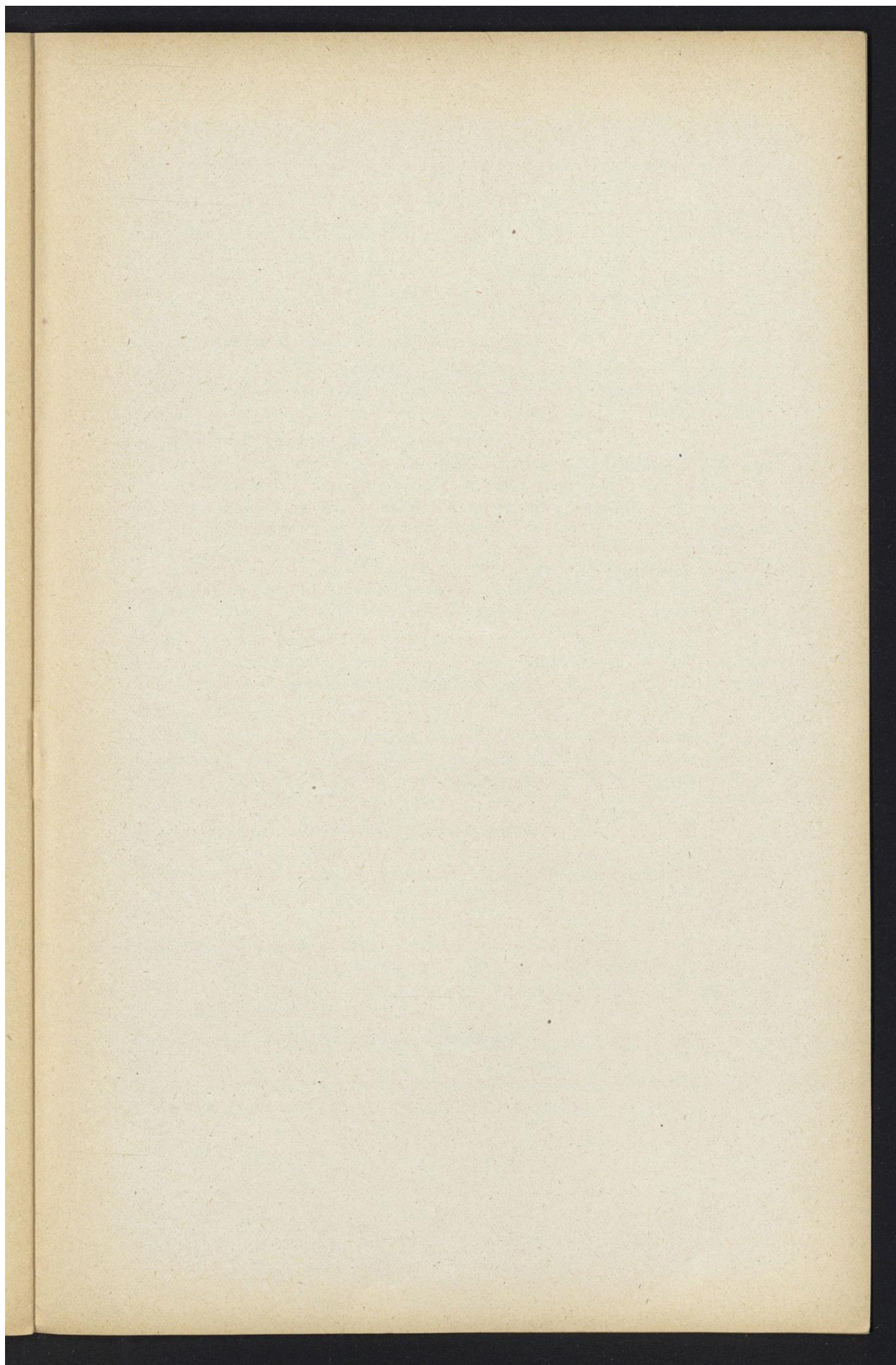
Les *agglomérés de charbon* pour collecteurs de dynamos, de qualité plus ou moins friable, donnent des diagrammes analogues. La comparaison de ces diagrammes avec des diagrammes de même ordre obtenus sur des échantillons pour lesquels toutes conditions de fabrication auront été soigneusement notées, permettrait de suivre sur ces matières la cohésion, la fragilité au choc, propriétés qui conditionnent le bon rendement de ces agglomérés.

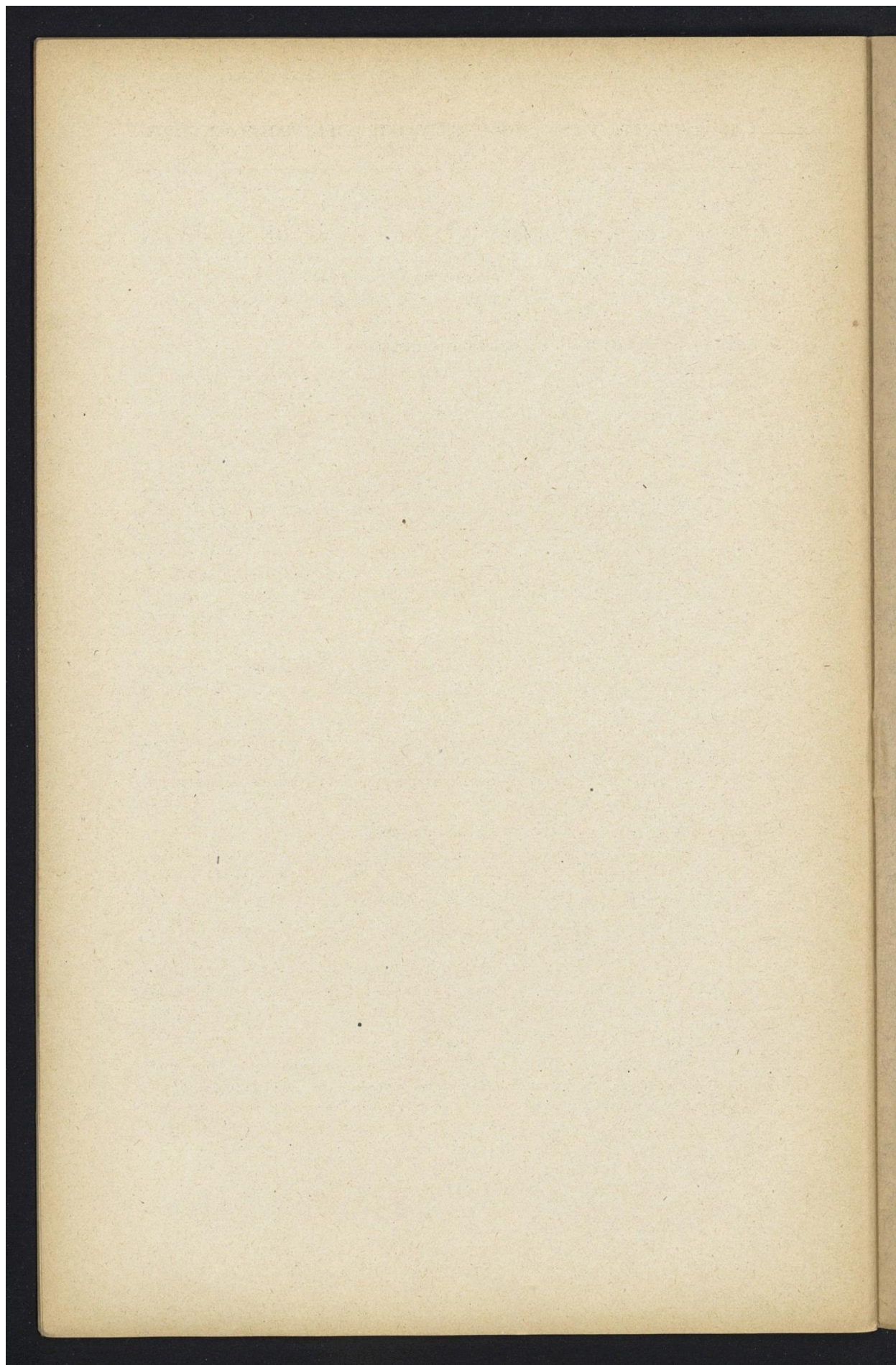
Résumé

L'étude des variations de la hauteur de rebondissement d'un mouton en fonction du nombre de chocs sur un même point, et dont nous avons examiné quelques exemples, est susceptible de fournir de très utiles indications sur la cohésion, la malléabilité, la fragilité au choc des divers matériaux. En particulier, ce procédé, précisé par des expériences méthodiques pourrait être employé utilement dans les usines de fabrication pour suivre les transformations successives d'un produit, et en assurer le contrôle par des essais très simples.









LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE CH. BERANGER

PARIS, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15. — LIÈGE, RUE DES DOMINICAINS, 8

BULLETIN DU LABORATOIRE D'ESSAIS

MÉCANIQUES, PHYSIQUES, CHIMIQUES ET DE MACHINES

DU

CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

Le Bulletin n'est pas périodique, il paraît par fascicules détachés

Organisation et outillage du laboratoire d'essais.

N° 1. Le laboratoire d'essais mécaniques, physiques, chimiques et de machines du Conservatoire national des Arts et Métiers, son organisation, son outillage, par A. PÉROT, directeur du Laboratoire. 1 brochure in-8° *Épuisé*

Rapport du Congrès de Berlin, juin 1903.

N° 2. Extrait du rapport de mission donnée au chef de la section des matériaux de construction au Congrès de chimie de Berlin (juin 1903). — I. Laboratoires d'essais. — II. Fabrication du ciment par fours rotatifs. Description de deux usines. — III. Filtre Beeth. — IV. Essais de ciment de fours rotatifs. — V. Sur un procédé simple et rapide permettant de différencier une chaux grasse d'une chaux hydraulique, par E. LEDUC, chef de la section des matériaux de construction au laboratoire d'essais. Une brochure in-8°, contenant des figures dans le texte et 4 planches hors texte 4 fr.

Action de l'eau de mer sur les mortiers.

N° 3. Action de l'eau de mer sur les mortiers, par E. LEDUC, chef de la section des matériaux de construction. Une brochure in-8° 1 fr. 50

Métaux ferreux.

N° 4. Contribution à l'étude des relations qui existent entre les effets des sollicitations lentes et ceux des sollicitations vives dans le cas des métaux ferreux (barreaux lisses et barreaux entaillés), par P. BREUIL, chef de la section des métaux du laboratoire d'essais. 1 brochure in-8° 12 fr.

Nouveau système de longueurs d'ondes étalons.

N° 5. Rapport sur la nécessité d'établir un nouveau système de longueur d'ondes étalons, présenté au nom de la Société française de Physique au Congrès international de physique de l'Exposition de Saint-Louis, par A. PÉROT et FABRY. 1 brochure in-8° 0 fr. 75

Essais des huiles de pétrole.

N° 6. Essais mécaniques des huiles de pétrole ou autres, effectués au laboratoire d'essais du Conservatoire national des Arts et Métiers, par P. BREUIL. Une brochure in-8° avec figures et tableaux d'essais *Épuisé*

Perte de chaleur des enveloppes calorifuges.

N° 7. Manière de mesurer les pertes de chaleur des enveloppes calorifuges. Quelques résultats d'essais faits au Laboratoire par BOYER-GUILLON, chef de la section des machines et MM. AUCLAIR et LAEDLEIN, assistants. Une brochure in-8° avec deux planches 2 fr.

Essais de compteurs d'eau.

N° 8. Essais de compteurs d'eau, par A. PEROT, directeur du Laboratoire d'essais et H. MICHEL-LEVY, assistant *Épuise*

Valeurs comparatives des trois étalons lumineux.

N° 9. Rapport sur les valeurs comparatives des trois étalons à flammes : Carcel, Hefner, Vernon-Harcourt, par A. PEROT, directeur du Laboratoire d'essais et P. JANET, directeur du Laboratoire central d'Electricité. 0 fr. 75

Sur la constitution intime des calcaires.

N° 10. Sur la constitution intime des calcaires, par E. LEDUC, chef de section des matériaux de construction au Laboratoire d'essais du Conservatoire national des Arts et Métiers, avec 4 planches et 38 tableaux 20 fr

Essais sur le plâtre.

N° 11. Essais sur le plâtre, par E. LEDUC, chef de section des matériaux de construction au Laboratoire d'essais du Conservatoire national des Arts et Métiers, et Maurice PELLET, ingénieur-agronome 4 fr. 50

Examen critique de quelques méthodes de mesure de la puissance utile des voitures automobiles.

N° 12. Examen critique de quelques méthodes de mesure de la puissance utile des voitures automobiles, par J. AUCLAIR, assistant au Laboratoire d'essais 4 fr. 50

Essais sur le silico-calcaire.

N° 13. Essais sur le silico-calcaire, par E. LEDUC, chef de la Section des matériaux de construction au Laboratoire d'essais du Conservatoire national des Arts et Métiers et Ch. de la Roche, ingénieur civil 13 fr.

Essais de torsion.

N° 14. Essais de torsion, par Pierre BREUIL, chef de la Section des métaux du Laboratoire d'essais, avec une planche 1 fr. 75

Jaugeages des gros débits.

N° 15. Jaugeages des gros débits. par MM. BOYER-GUILLON, chef de la Section des machines, AUCLAIR et LAEDLEIN, assistants. 5 fr. 25

Essais d'huiles usagées.

N° 16. Essais d'huiles usagées, par MM. P. SABATIÉ, chef de la Section des métaux, et PELLET, assistant de la Section de chimie du Laboratoire d'essais du Conservatoire national des Arts et Métiers, avec 6 planches 2 fr. 25

Etude sur les essais chimiques des verres.

N° 17. Etude sur les essais chimiques des verres, par Ch. GRIFFITHS, ex-préparateur du Cours de Métallurgie et Travail des Métaux, chef de la Section de Chimie au Laboratoire d'essais du Conservatoire National des Arts et Métiers 3 fr.

Essais de dureté des corps.

N° 18. Essais de dureté des corps et des métaux en particulier au moyen du scléromètre, par J. SERVAIS, assistant au Laboratoire d'essais 4 fr.

Dispositif dynanométrique et fragilité des tôles d'acier doux.

N° 19. Note sur la fragilité des tôles d'acier doux provoquée par le moulage transversal des champs, par SABATIÉ, chef du Service des essais de métaux du Laboratoire d'essais. 2 fr.