

OFFRE SPÉCIALE D'ABONNEMENT

POUR LA
SCIENCE

À découper ou à photocopier et à retourner accompagné de votre règlement dans une enveloppe non affranchie à :
Groupe Pour la Science - Service Abonnements - Libre réponse 90 382 - 75 281 Paris cedex 06

1. MA FORMULE

☐ **OUI, je m'abonne à l'offre « Intégrale » à 8,20€/mois.**

Je reçois le magazine **Pour la Science** (12 n°s/an)
+ son hors-série **Dossier Pour la Science** (4 n°s/an)
+ mon cadeau. Je bénéficie aussi de l'accès numérique
illimité aux archives sur **www.pourlascience.fr**.

Mon e-mail obligatoire pour l'accès aux contenus numériques (à remplir en majuscules)

@

À réception de votre bulletin, comptez 5 semaines pour recevoir votre n° d'abonné. Passé ce délai, merci d'en faire la demande à abonnements@pourlascience.fr

2. MES COORDONNÉES

Nom : _____

Prénom : _____

Adresse : _____

Code postal : _____ Ville : _____

Pays : _____ Tél. : _____
Pour le suivi client (facultatif)

3. MON MODE DE RÈGLEMENT

☐ Je règle par prélèvement **8,20€/mois*** et reçois en cadeau
la **batterie externe** (réf. 00BATT). Je remplis l'autorisation ci-dessous
en joignant impérativement un IBAN/BIC.

*Pour la France métropolitaine et d'outre-mer. Pour l'Europe (pays de la zone SEPA) : 9,70€ par mois. Abonnement en reconduction tacite
dénonçable à tout moment auprès du service abonnement avec un préavis de 3 mois. Conditions complètes sur www.pourlascience.fr

AUTORISATION DE PRÉLÈVEMENT PAR MANDAT SEPA

En signant ce mandat SEPA, j'autorise Pour la Science à transmettre des instructions
à ma banque pour le prélèvement de mon abonnement dès réception de mon bulletin.
Je bénéficie d'un droit de rétractation dans la limite de 8 semaines suivant le premier
prélèvement. Plus d'informations auprès de mon établissement bancaire.

1 - COORDONNÉES DU TITULAIRE DU COMPTE

Nom, prénom _____

Adresse _____
Numéro et nom de la rue

Code postal _____ Ville _____ Pays _____

2 - COORDONNÉES BANCAIRES

IBAN _____
Numéro d'identification international du compte bancaire - IBAN (International Bank Account Number)

BIC _____
Code international d'identification de votre banque - BIC (Bank Identifier Code)

Type de paiement Paiement récurrent/répétitif

POUR LA
SCIENCE

3 - Date et signature obligatoires

À _____

Date _____

Signature : _____

NOM DU CRÉANCIER

Pour la Science - 8 rue Férou - 75006 Paris

ICS N° FR92ZZZ426900

N° de référence unique de mandat (RUM)

Partie réservée au service abonnement. Ne rien inscrire

☐ Je préfère régler mon abonnement d'un an en **une seule fois 99€****
sans bénéficier du cadeau.

** Offre valable en France métropolitaine et d'outre-mer. Pour l'étranger, participation aux frais de port à ajouter : Europe 16€ - autres pays 35€.

☐ Par chèque à l'ordre de *Pour la Science*

☐ Par carte bancaire N° _____
Date d'expiration _____ Clé _____

Signature obligatoire

En application de l'article 27 de la loi du 6 janvier 1978, les informations ci-dessus sont indispensables au traitement de votre commande.
Elles peuvent donner lieu à l'exercice du droit d'accès et de rectification auprès du groupe Pour la Science. Par notre intermédiaire, vous pouvez
être amené à recevoir des propositions d'organismes partenaires. En cas de refus de votre part, merci de cocher cette case ☐.

Votre abonnement
INTÉGRAL

8,20€
par mois
seulement

le magazine + le hors-série chez vous
+ l'accès numérique illimité à toutes
les archives sur **www.pourlascience.fr**



LOGIQUE & CALCUL

La beauté mise en formules

Entamée en 1933 par le mathématicien américain George Birkhoff, la recherche de mesures scientifiques du beau se poursuit avec des moyens théoriques et pratiques renouvelés.

Jean-Paul DELAHAYE

George Birkhoff (1884-1944) était l'un des plus brillants mathématiciens de sa génération. Professeur à Harvard pendant plus de trente années, il est connu en particulier pour son « théorème ergodique » généralisant la loi forte des grands nombres, qui affirme en particulier que quand on lance indéfiniment une pièce de monnaie non truquée, la proportion de piles (et de faces) tend vers 1/2. En 1933, il écrivit un livre ambitieux *Mesure esthétique* (*Aesthetic Measure*) où il définit des mesures de la qualité esthétique des œuvres artistiques.

Bien sûr, Birkhoff et ceux qui explorent ce sujet ont parfaitement conscience que la réussite d'un tel travail ne peut être que partielle : dans nos jugements esthétiques, notre culture, notre société, notre époque, notre expérience et notre sensibilité jouent de grands rôles. Une mesure de nature mathématique ne peut donc convenir à tous. Cependant, pour les figures géométriques et pour les formes abstraites, comme celles de la musique, pour la composition et la structure générale des œuvres, il n'est pas absurde que nous nous retrouvions tous, et que cette sensibilité partagée soit accessible à l'analyse et mesurable. C'est le projet que Birkhoff poursuit dans les 300 pages de son livre. Voici la présentation qu'il en fait.

« Il est important de noter que les objets appartenant à une classe particulière ont des valeurs esthétiques naturellement comparables. L'artiste et le connaisseur

excellent à mener de telles comparaisons. Si l'étude scientifique atteint son objectif, elle doit fournir une base rationnelle à ces évaluations intuitives. C'est là le problème fondamental de l'esthétique : déterminer, pour chaque classe d'objets esthétiques, les attributs spécifiques sur lesquels leur valeur repose. [...] L'expérience esthétique se décompose en trois phases. (1) Un effort préliminaire d'attention nécessaire à l'acte de perception, qui augmente en proportion de ce que nous appelons la complexité (C) de l'objet. (2) Le sentiment de la valeur ou de la mesure esthétique (M) qui récompense cet effort. (3) Enfin, une prise de conscience que l'objet est caractérisé par une certaine harmonie et symétrie et qu'il contient de l'ordre plus ou moins dissimulé (O), ce qui semble nécessaire à l'effet esthétique. »

Une formule générale pour la qualité esthétique

Fort de cette analyse, Birkhoff va définir la qualité esthétique des productions artistiques. Son objectif est d'évaluer des œuvres artistiques de même nature, par exemple des motifs décoratifs, ou des vases, comme le feraient, en moyenne, des êtres humains.

Le projet peut sembler déraisonnable, mais, formulé avec un peu de précaution comme le fait Birkhoff, il prend de la consistance. Les nombreux travaux qui ont prolongé ses idées prouvent qu'il a créé un domaine de recherche où se développent de

nombreuses pistes de réflexion tissant des liens nouveaux entre sciences et arts.

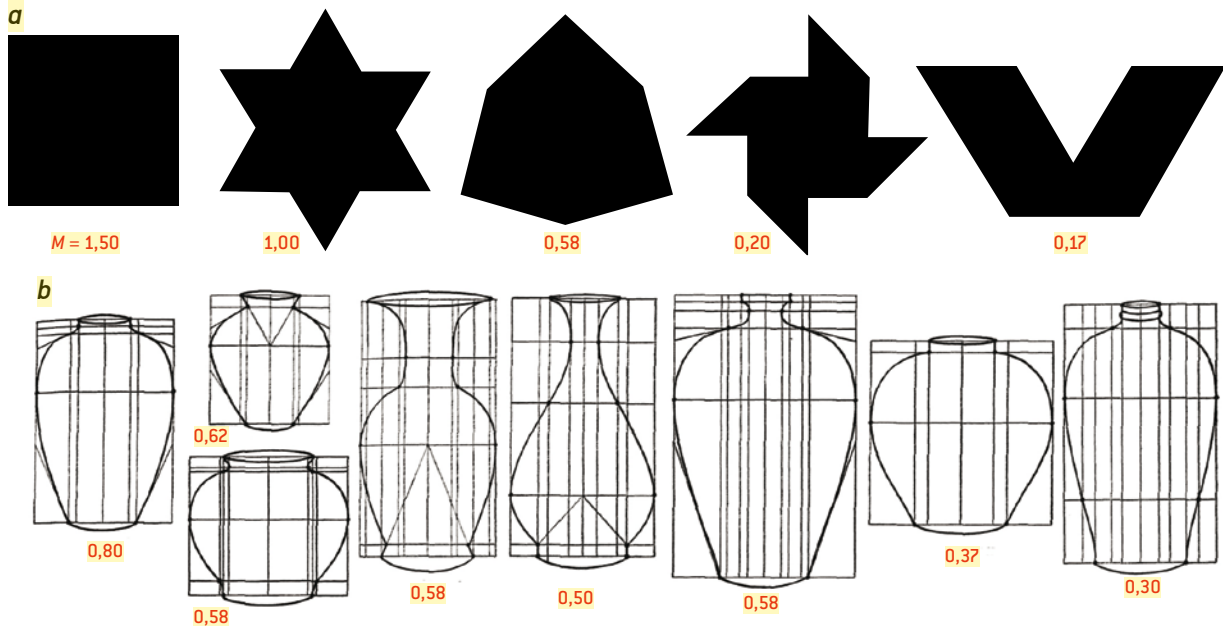
La formule générale que Birkhoff défend pour mesurer la qualité esthétique M d'un objet, d'un dessin ou d'une œuvre est $M = O/C$ où O est une mesure de son ordre et C une mesure de sa complexité.

Notons que la formule de Birkhoff ne s'applique pas aux objets trop simples et ne permet donc pas de trancher le débat sur la forme des rectangles : un rectangle dont le rapport des côtés est le nombre d'or, $(1 + \sqrt{5})/2 \approx 1,618$, est-il plus esthétique qu'un autre ? La question est controversée (voir dans cette rubrique « La numérologie du nombre d'or », *Pour la Science*, septembre 1999). Assez sagement, Birkhoff pensait, comme une partie importante de ceux ayant à ce jour mené des expériences sur la question, que rien ne permet de départager les rectangles dotés de proportions simples : un carré, un rectangle d'or, un rectangle dont le rapport des côtés est $\sqrt{2}$ (formats A4, A3, etc.) ou $\sqrt{3}$, un rectangle obtenu en accolant deux carrés...

Les formes polygonales un peu plus complexes que les rectangles ont permis à Birkhoff de mettre en œuvre sa méthode pour mesurer l'intérêt esthétique de 90 formes polygonales avec sa formule $M = O/C$.

Pour justifier sa démarche, il a insisté sur l'idée que tout le monde s'accorde à trouver un triangle équilatéral plus beau qu'un triangle quelconque et qu'on doit pouvoir classer objectivement les polygones. Après une

L'esthétique selon George Birkhoff



George Birkhoff a construit une mesure M de l'esthétique sur la base de son idée que M doit être de la forme O/C , où O est une mesure d'ordre et C une mesure de complexité. Il a donné une définition précise de ces deux paramètres dans le cas de formes polygonales. Plus M serait grand, plus le polygone serait beau. Birkhoff a appliqué sa méthode à 90 polygones. Les résultats pour quelques-uns d'entre eux sont indiqués en (a).

À la page 78 de son livre sur la mesure esthétique, Birkhoff exprime son admiration pour une forme particulière d'art géométrique : « L'excellence des vases chinois, et plus généralement de la poterie chinoise, est bien connue. R. Hobson dans son livre sur l'art chinois écrit "Nulle part ailleurs sans doute, la suprématie de la Chine est autant marquée que dans les arts de la céramique. Les agréables formes de la poterie T'ang, les fines porcelaines monochromes des Sung et les magnifiques jarres à trois couleurs des Ming sont des choses inégalables". Il est notable aussi que les Chinois aient utilisé des dessins de vases totalement symétriques, produisant une intéressante variété de motifs géométriques. »

Birkhoff a tenté de mesurer la qualité esthétique des vases à partir de sa formule. Pour lui, un vase est déterminé par une

courbe qui, en tournant autour d'un axe vertical, en fixe la forme. Il mesure la complexité de la courbe par le nombre de ses points singuliers : extrémités, points d'inflexion, points anguleux, points où la tangente à la courbe est horizontale ou verticale. Ce nombre est la complexité C . L'ordre O , lui, est déterminé en calculant les coordonnées des points singuliers et en comptant combien de fois deux coordonnées sont égales ou dans un rapport de 1 à 2. Cette mesure est appliquée à huit exemples de vases chinois (b). Birkhoff a utilisé sa mesure pour imaginer de nouveaux vases (c).

Depuis, on a montré que la mesure proposée par Birkhoff pour les vases est

sensible aux petites déformations, ce qui est ennuyeux puisque les artisans ne réalisent pas les modèles avec une parfaite exactitude. Cela a conduit à définir une variante de la mesure de Birkhoff (T. Staudek, *On Birkhoff's aesthetic measure of vases*, Faculty of Informatics, Masaryk University Report Series, FIMU-RS-99-06, 1999).

La mesure de Birkhoff pour les vases a été utilisée récemment pour créer aléatoirement, à l'aide de programmes, de nouvelles formes de vases et les classer (K. Reed, « Aesthetic measures for evolutionary vase design », dans *Evolutionary and Biologically Inspired Music, Sound, Art and Design*, Springer, Lecture Notes in Computer Science, vol. 7834, pp. 59-71, 2013).

