

EPU 2017, 11-12 juillet 2017

Le cours de physique de Karlsruhe

S.Ayrinhac

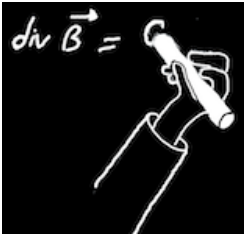
simon.ayrinhac@impmc.upmc.fr

Faculté de Physique

- 1. Prépambule : l'opérateur divergence**
2. Le cours du prof. F. Herrmann

Opérateur divergence

$$\operatorname{div} \vec{E} = \lim_{V \rightarrow 0} \frac{\oiint_S \vec{E} \cdot \vec{dS}}{V}$$



$$\oiint_S \vec{E} \cdot \vec{dS} = \iiint_V \operatorname{div} \vec{E} \cdot \vec{dS}$$

$$\operatorname{div} \vec{E} = \frac{\partial E_x}{\partial x} + \frac{\partial E_y}{\partial y} + \frac{\partial E_z}{\partial z}$$


+ signifiant



- signifiant

Sondage par formulaire sur la divergence

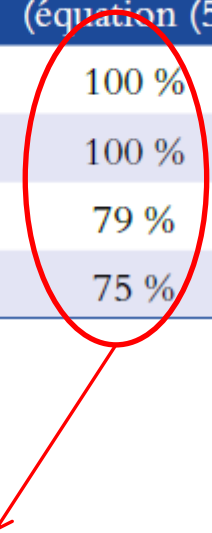
Taux de réponses (en pourcentage au sein de la catégorie)	Limite du flux volumique	Formule de Green-Ostrogradsky	Somme des dérivées partielles en coordonnées cartésiennes
Étudiant	0 %	0 %	100 %
Non-spécialiste	0 %	0 %	100 %
Connaisseur	9 %	12 %	79 %
Spécialiste	12 %	13 %	75 %



E. SMIGIEL, *Bull. Un. Phys.*, fév. 2016, n°981, p. 203-212.

Sondage par formulaire sur la divergence

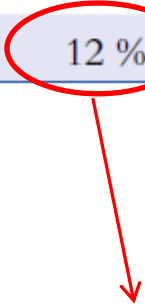
Taux de réponses (en pourcentage au sein de la catégorie)	Limite du flux volumique (équation (2))	Formule de Green-Ostrogradsky (équation (4))	Somme des dérivées partielles en coordonnées cartésiennes (équation (5))
Étudiant	0 %	0 %	100 %
Non-spécialiste	0 %	0 %	100 %
Connaisseur	9 %	12 %	79 %
Spécialiste	12 %	13 %	75 %



La formule la moins
signifiante est plébiscitée !

Sondage par formulaire sur la divergence

Taux de réponses (en pourcentage au sein de la catégorie)	Limite du flux volumique (équation (2))	Formule de Green-Ostrogradsky (équation (4))	Somme des dérivées partielles en coordonnées cartésiennes (équation (5))
Étudiant	0 %	0 %	100 %
Non-spécialiste	0 %	0 %	100 %
Connaisseur	9 %	12 %	79 %
Spécialiste	12 %	13 %	75 %



Seule une minorité de
spécialistes donne la
formule la plus signifiante !

Sondage par formulaire sur la divergence

Taux de réponses (en pourcentage au sein de la catégorie)	Limite du flux volumique (équation (2))	Formule de Green–Ostrogradsky (équation (4))	Somme des dérivées partielles en coordonnées cartésiennes (équation (5))
Étudiant	0 %	0 %	100 %
Non-spécialiste	0 %	0 %	100 %
Connaisseur	9 %	12 %	79 %
Spécialiste	12 %	13 %	75 %

« Ces résultats posent la question de l'introspection des enseignants sur le sens physique des éléments qu'ils présentent. Peut-on se contenter de parachuter des formules absconses et suggérer ainsi que l'épistémologie de la physique consiste essentiellement en la manipulation symbolique de quantités vidées de leur signification ? Au risque d'être outrancier et provocateur, **comprenons-nous encore ce que nous enseignons ?** »

E. SMIGIEL, *Bull. Un. Phys.*, fév. 2016, n°981, p. 203-212.

1. Préambule : l'opérateur divergence
- 2. L'approche du prof. F. Herrmann**

Prof. Friedrich Herrmann (Karlsruhe)



Prof. Dr. Friedrich Herrmann
f.herrmann@kit.edu
Tel: 0721-608-43364

Postadresse:

Institut für Theoretische Festkörperphysik
Karlsruher Institut für Technologie
76128 Karlsruhe

Lieferadresse:

Institut für Theoretische Festkörperphysik
Karlsruher Institut für Technologie – Campus Süd
Wolfgang-Gaede-Straße 1
76131 Karlsruhe

Le KPK :
un cours de physique basé sur des analogies

- « KPK »

BUP n° 870, vol.99, janv. 2005

par Friedrich HERRMANN
Abteilung für Didaktik der Physik
Universität Karlsruhe - D-76128 Karlsruhe
Allemagne
friedrich.herrmann@physik.uni-karlsruhe.de

- *Le Poids de l'Histoire sur la Physique*

F.Herrmann & G.Job, trad. Antoine Archer,
Jean-François Combes et Alain Xémard (2016)

Le poids de l'Histoire
sur la Physique

Quelques propositions
pour un enseignement plus efficace



FRIEDRICH HERRMANN ET GEORG JOB

- Structures communes dans les équations

Champ scientifique	Grandeur extensive	Grandeur intensive	Courant	Flux d'énergie
Électricité	Charge électrique (Q)	Potentiel électrique	Courant électrique	$P = U \cdot I$
Mécanique	Quantité de mouvement (p)	Vitesse	Courant mécanique (= force)	$P = \mathbf{v} \cdot \mathbf{F}$
Thermodynamique	Entropie (S)	Température absolue	Courant d'entropie	$P = T \cdot I_s$
Chimie	Quantité de matière (n)	Potentiel chimique	Courant de matière	$P = \mu \cdot I_n$

$$\frac{dQ}{dt} = I$$

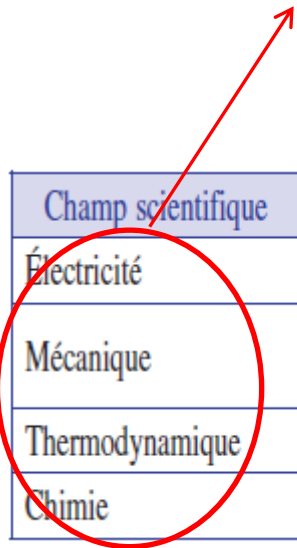
$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}$$

$$\frac{dS}{dt} = I_s + \Sigma_s$$

$$\frac{dn}{dt} = I_n + \Sigma_n$$

• Structures communes dans les équations

Champs très différents...



Champ scientifique	Grandeur extensive	Grandeur intensive	Courant	Flux d'énergie
Électricité	Charge électrique (Q)	Potentiel électrique	Courant électrique	$P = U \cdot I$
Mécanique	Quantité de mouvement (p)	Vitesse	Courant mécanique (= force)	$P = v \cdot F$
Thermodynamique	Entropie (S)	Température absolue	Courant d'entropie	$P = T \cdot I_s$
Chimie	Quantité de matière (n)	Potentiel chimique	Courant de matière	$P = \mu \cdot I_n$

$$\frac{dQ}{dt} = I$$

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}$$

$$\frac{dS}{dt} = I_s + \Sigma_s$$

$$\frac{dn}{dt} = I_n + \Sigma_n$$

• Structures communes dans les équations

Champs très différents...

...mais équations identiques

Champ scientifique	Grandeur extensive	Grandeur intensive	Courant	Flux d'énergie
Électricité	Charge électrique (Q)	Potentiel électrique	Courant électrique	$P = U \cdot I$
Mécanique	Quantité de mouvement (p)	Vitesse	Courant mécanique (= force)	$P = v \cdot F$
Thermodynamique	Entropie (S)	Température absolue	Courant d'entropie	$P = T \cdot I_s$
Chimie	Quantité de matière (n)	Potentiel chimique	Courant de matière	$P = \mu \cdot I_n$

$$\frac{dQ}{dt} = I$$

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}$$

$$\frac{dS}{dt} = I_s + \Sigma_s$$

$$\frac{dn}{dt} = I_n + \Sigma_n$$

• Structures communes dans les équations

Champs très différents...

...mais équations identiques

Champ scientifique	Grandeur extensive	Grandeur intensive	Courant	Flux d'énergie
Électricité	Charge électrique (Q)	Potentiel électrique	Courant électrique	$P = U \cdot I$
Mécanique	Quantité de mouvement (p)	Vitesse	Courant mécanique (= force)	$P = v \cdot F$
Thermodynamique	Entropie (S)	Température absolue	Courant d'entropie	$P = T \cdot I_s$
Chimie	Quantité de matière (n)	Potentiel chimique	Courant de matière	$P = \mu \cdot I_n$

$$\frac{dQ}{dt} = I$$

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}$$

$$\frac{dS}{dt} = I_s + \Sigma_s$$

$$\frac{dn}{dt} = I_n + \Sigma_n$$

Force = « courant de quantité de mouvement »

- Identifier les sujets superflus, obsolètes ou traités de manière inappropriée

μ-florilège :

- le terme « force électromotrice » devrait être abandonné, car confusion avec « force »
- toutes les grandeurs physiques sont des variables d'état, Q et W sont les exceptions
- certains sujets peuvent être abandonnés, comme la dilatation thermique (reliquat de la mesure de T par le Hg), ou l'origine de la couleur bleue du ciel (et les autres couleurs ?)
- il ne sert à rien de demander « qu'est ce que l'énergie en réalité ? », car qu'est-ce que la « masse » en réalité ?
- etc

- Identifier les sujets superflus, obsolètes ou traités de manière inappropriée

→ Exemple le plus intéressant : l'entropie S

L'approche « classique »

$$\Delta S^{rev} = \int \frac{\delta Q}{T}$$

$$S = k_B \ln \Omega$$

« “L'entropie” est le nom de la grandeur qui est introduite en thermodynamique classique en tant que fonction abstraite, définie par une intégrale. Cette approche rend cette grandeur tellement distante qu'il en coûte un effort même à un spécialiste pour la manipuler. Son interprétation en tant que mesure du désordre est une approche favorisée par les chimistes de façon à avoir au moins une compréhension grossière de sa signification. » F.Herrmann

- Identifier les sujets superflus, obsolètes ou traités de manière inappropriée

→ Exemple le plus intéressant : l'entropie S

L'approche « classique »

$$\Delta S^{rev} = \int \frac{\delta Q}{T}$$

$$S = k_B \ln \Omega$$

L'approche de F. Herrmann

Entropie = « quantité de chaleur »

→ *Cette définition, intuitive, rend l'entropie manipulable par un collégien*

→ *Pourquoi ce fait très simple n'est pas mieux connu ?*

- Identifier les sujets superflus, obsolètes ou traités de manière inappropriée

Processus historique :

- « chaleur (*heat*) » : introduite par Joseph Black (1802)
- la même que chez S. Carnot, « *Réflexions sur la puissance motrice du feu* » (1824)
 - La chaleur devient une forme d'énergie
- réinventée par R. Clausius, sous le nouveau nom « entropie »
 - L'entropie s'impose, mais la vraie signification est perdue
- identité mise en lumière par H.L. Callendar (1911)
- livre de G. Job, « L'entropie en tant que chaleur » (1972)

Conclusion

→ Bien que les travaux de F. Herrmann soient controversés, ils peuvent alimenter notre réflexion sur le sens physique des concepts que nous enseignons

Le poids de l'Histoire sur la Physique

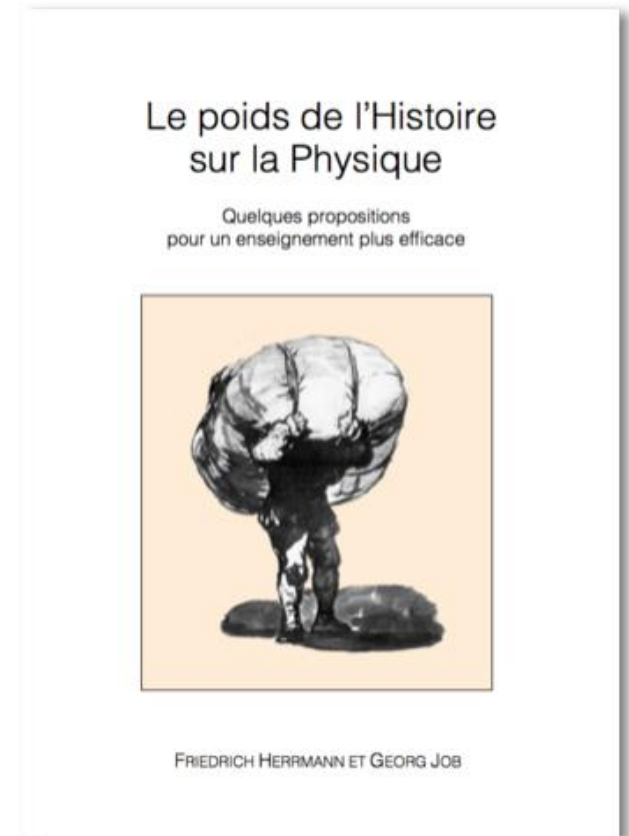
Quelques propositions
pour un enseignement plus efficace



FRIEDRICH HERRMANN ET GEORG JOB

Conclusion

→ Bien que les travaux de F. Herrmann soient controversés, ils peuvent alimenter notre réflexion sur le sens physique des concepts que nous enseignons



Merci de votre attention