

L'ERREUR

et

LA SCIENCE

Jean BELLISSARD ^{1 2}

Université Paul Sabatier, Toulouse

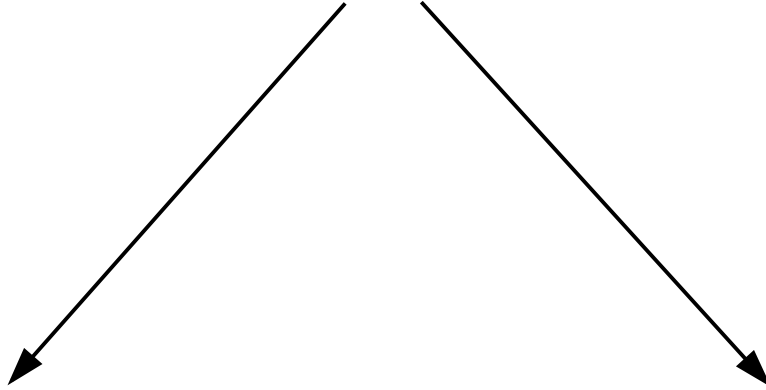
∩

Institut Universitaire de France

¹I.R.S.A.M.C., Université Paul Sabatier, 118, route de Narbonne, Toulouse Cedex 04, France

²e-mail: jeanbel@irsamc.ups-tlse.fr

ERREUR !



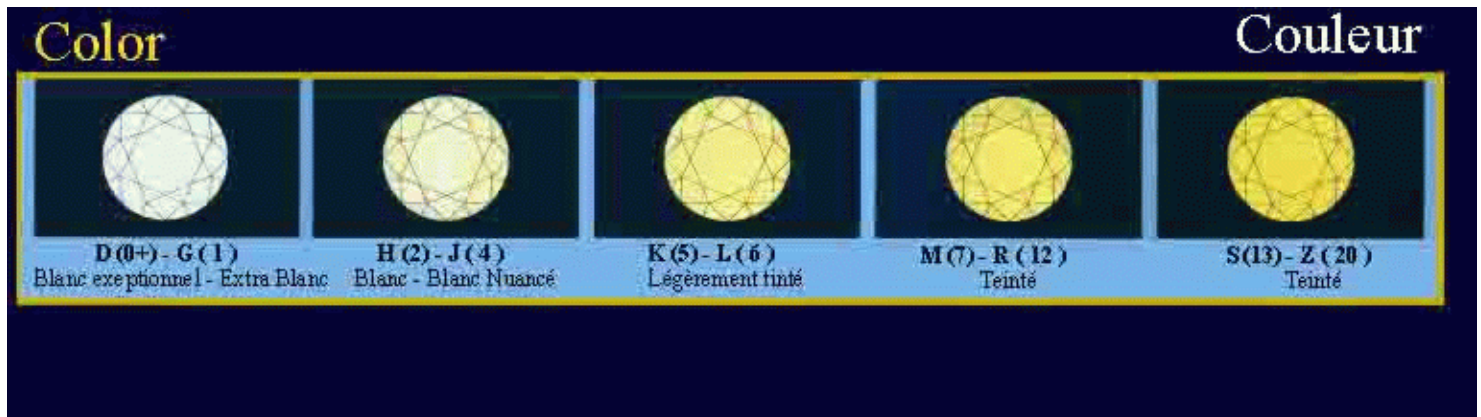
ERRONÉ
ERRATUM
FAUTE
DÉFAUT

ERRATIQUE
ERRANCE
ALEA
ALÉATOIRE

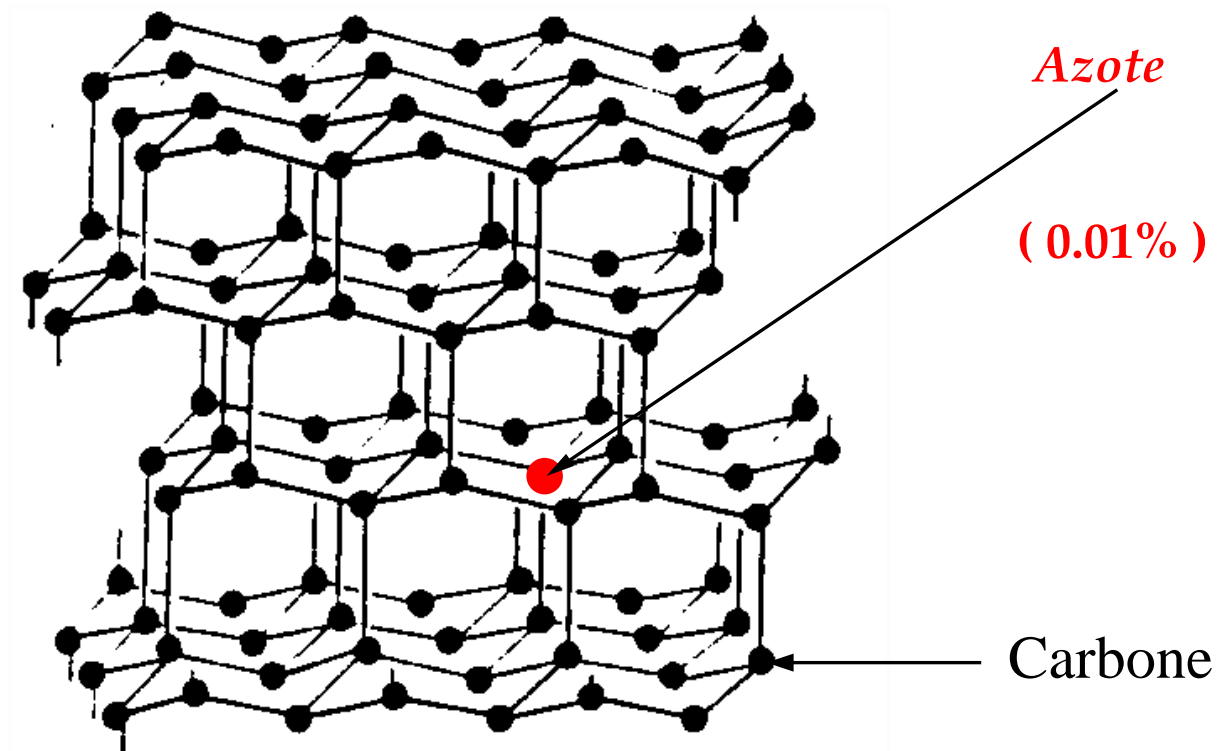
Comment la Couleur vient-elle au Gemme ?



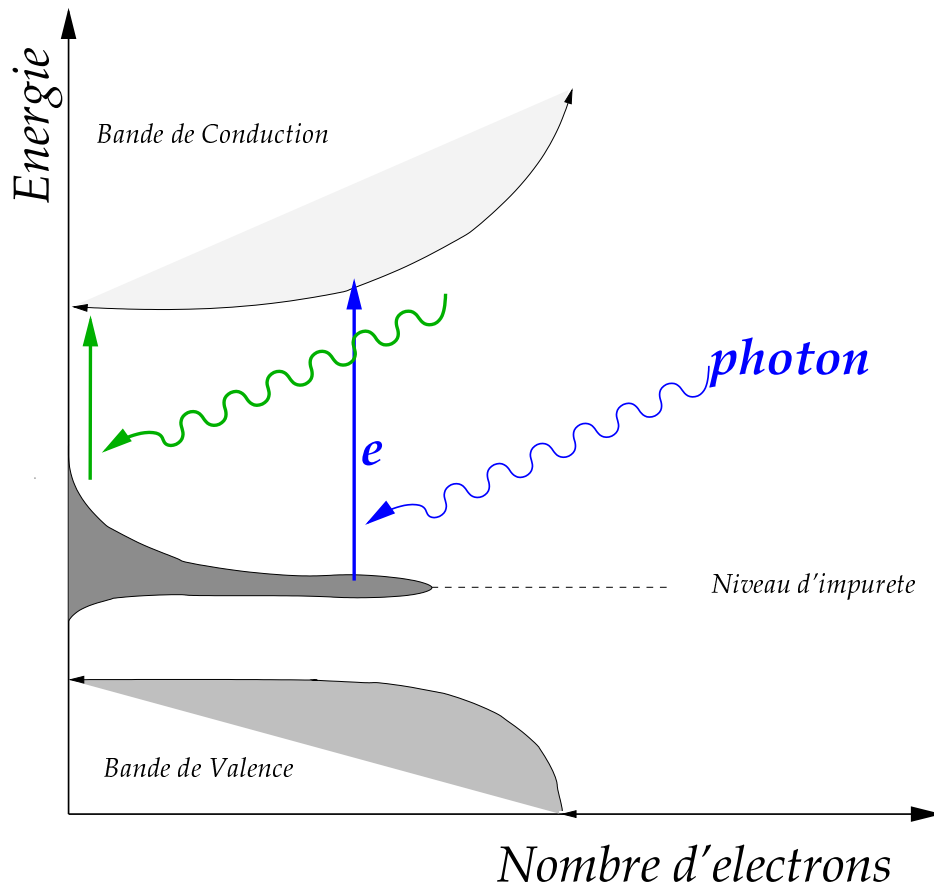
Les Couleurs du Diamant



Le Réseau Diamant

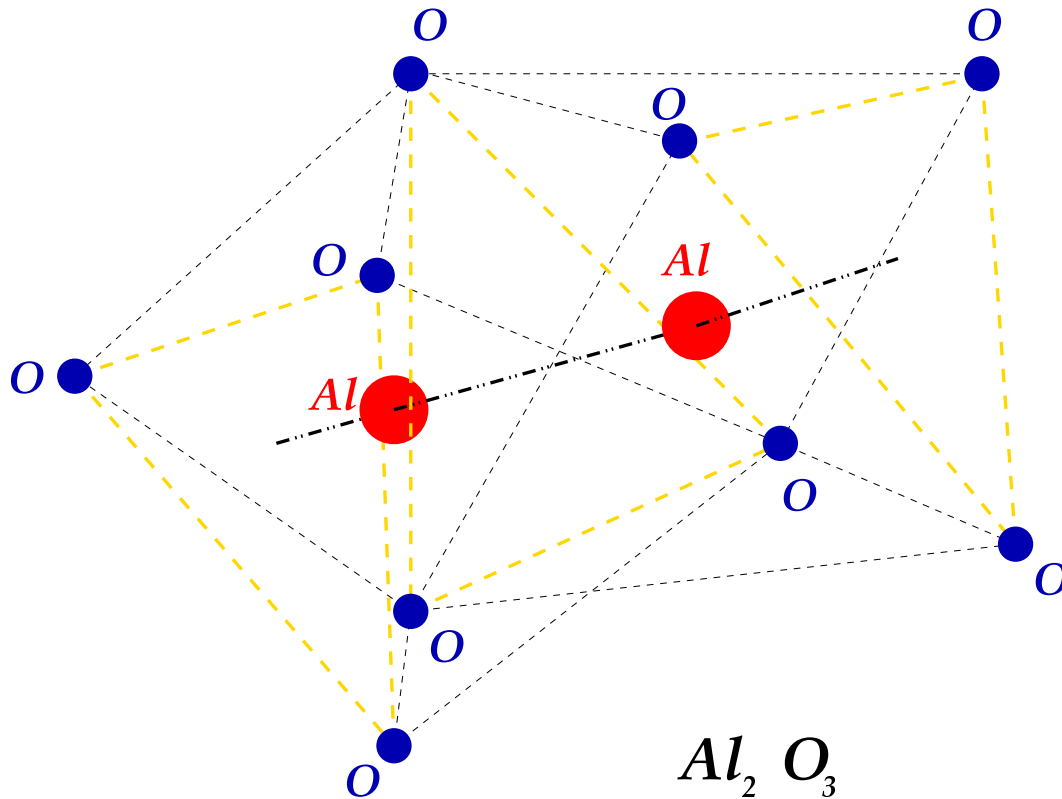


Absorption de la Lumière



1. Une partie de la lumière violette, bleue et verte est absorbée par les électrons des insertions d'Azote.
2. Ces électrons deviennent libres de circuler dans le cristal.
3. La lumière transmise est pauvre en violet, bleu et vert. Elle apparaît plutôt jaune.

Le Corindon

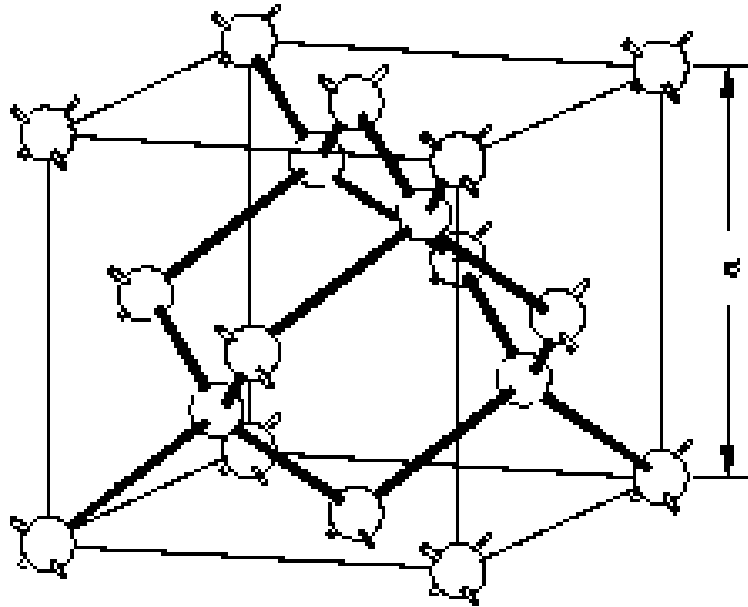


1. Structure cristalline : octaèdres se touchant par les faces. *Centres* : Aluminium; *Sommets* : Oxygène.
2. Substituer *Al* par du *Cr* à 0,01% \Rightarrow *Rubis*.
3. Substituer *Al* par du *Fe-Ti* à 0,01% \Rightarrow *Saphir*.

Saphirs de Rêve !

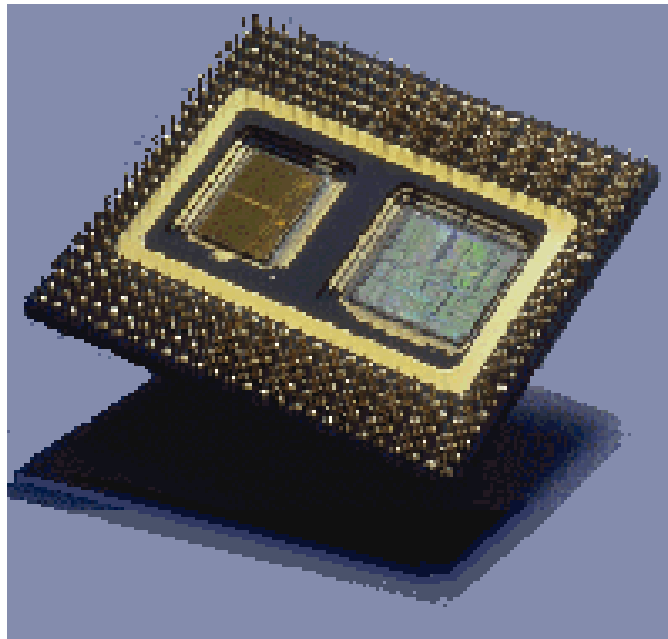


Électronique



- Le *Silicium pur* est un cristal parfait de structure diamant. Il est isolant.
- Différence avec le diamant : la bande interdite est 5 fois moins large. \Rightarrow toute la lumière visible est absorbée \Rightarrow *éclat métallique*.
- Il devient *conducteur* en présence d'impuretés au taux de 1/1.000.000.000 par atomes de *Si* !!
- En associant des parties dopées de façon différentes on change localement les propriétés de transport \Rightarrow *composants électroniques : diodes, transistors*.

- Par combinaisons de millions de ces composants on obtient les *micro-processeurs*.
- Ce Siliciun dopé est l'élément de base de l'électronique moderne !
- En l'an 2000, les ventes mondiales de semiconducteurs ont atteint le niveau record de 204 milliards de dollars !! C'est environ 3,7% du PNB mondial.

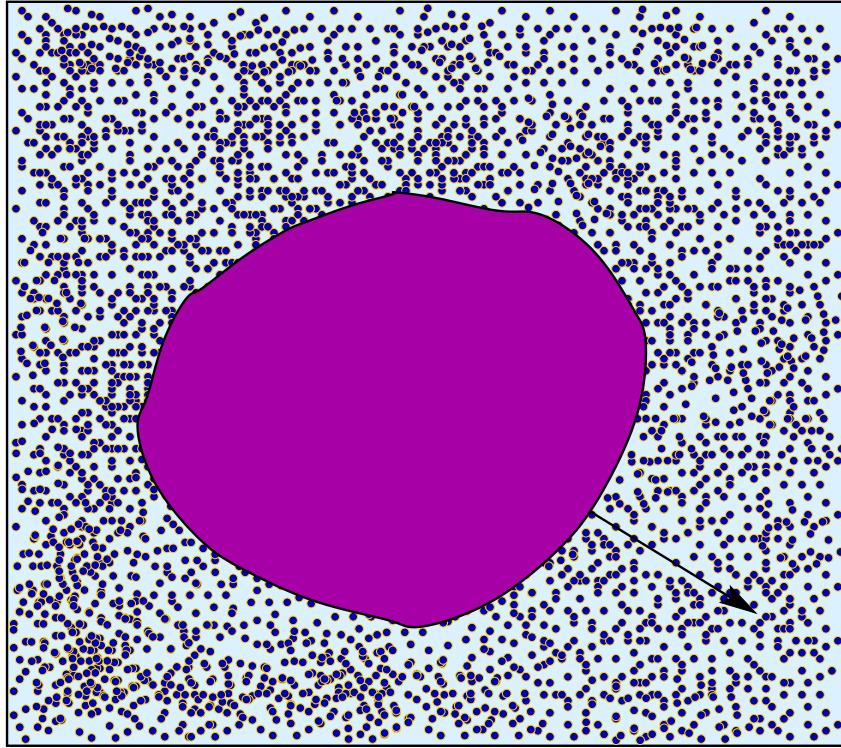


Petites Causes et Grands Effets !!

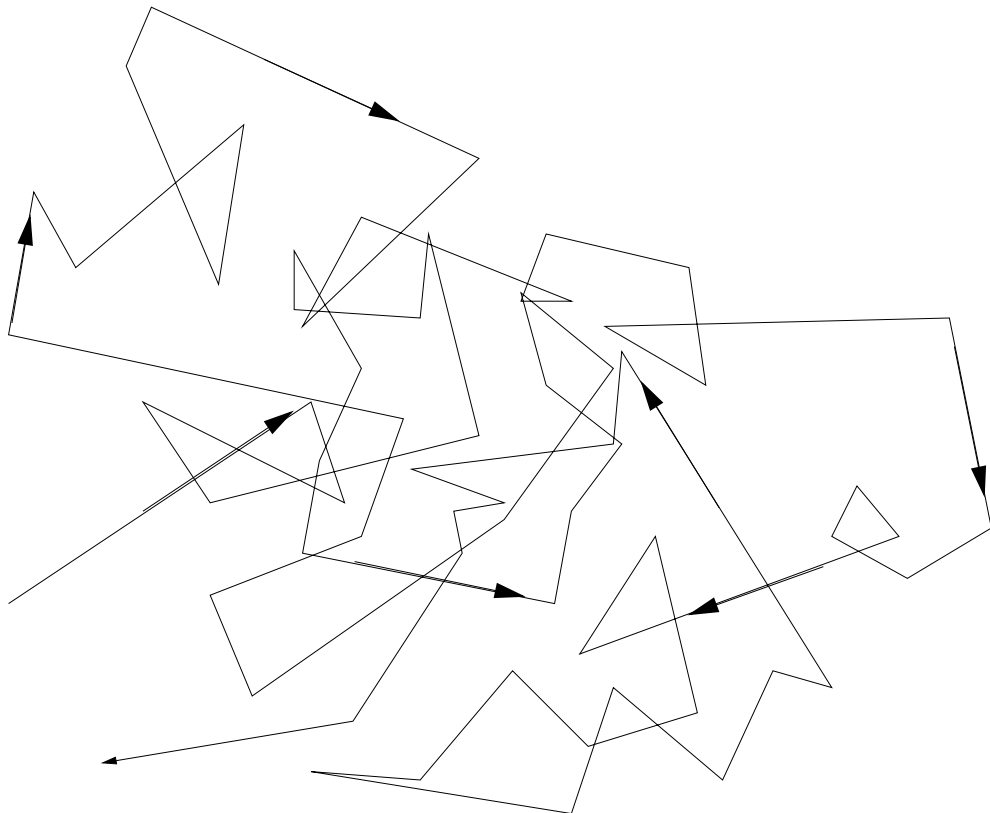
- De l'Azote à l'état de trace dans le diamant (*1 atome N pour 10.000 atomes de C*) suffit à modifier la couleur du cristal.
- Le *corindon* (oxyde d'Aluminium Al_2O_3) devient du *rubis rouge* avec des traces de Chrome, du *saphir bleu* avec des traces de Fer et de Titane.
- Les *impuretés, défauts, lacunes* sont produits par l'agitation thermique, en permanence, bien qu'en *tout petit nombre*.
- Contrôlées comme dans l'industrie du Silicium, les impuretés en fraction infime, constituent la base de l'économie moderne :
ordinateurs, télécommunications.

ERRANCE

Le Pollen de Mr Brown...



...et son mouvement erratique...



Mouvement Brownien

- La trajectoire Brownienne est continue...
Mais elle fait des angles partout !! Elle est *fractale*.
- *Tous les chemins Browniens mènent à Rome !*
- *Mais il leur faut du temps* : la distance moyenne parcourue au bout du temps t est proportionnelle à

$$d \propto \sqrt{t}$$

Pour aller *deux* fois plus loin, il faut *quatre* fois plus de temps.

- Les distances parcourues durant des intervalles de temps disjoints sont *stochastiquement indépendantes*.
- Il s'agit *une marche au hasard* :
à chaque arrêt, on choisit sa *direction* au hasard puis on s'arrête au bout d'un *temps aléatoire*.
- Le mouvement Brownien est *universel* :
 - le mouvement d'une *fourmi* est Brownien !
 - les *gains d'un joueur* à la roulette forment un mouvement brownien.

Stochasticité ~ Aléa ~ Hasard

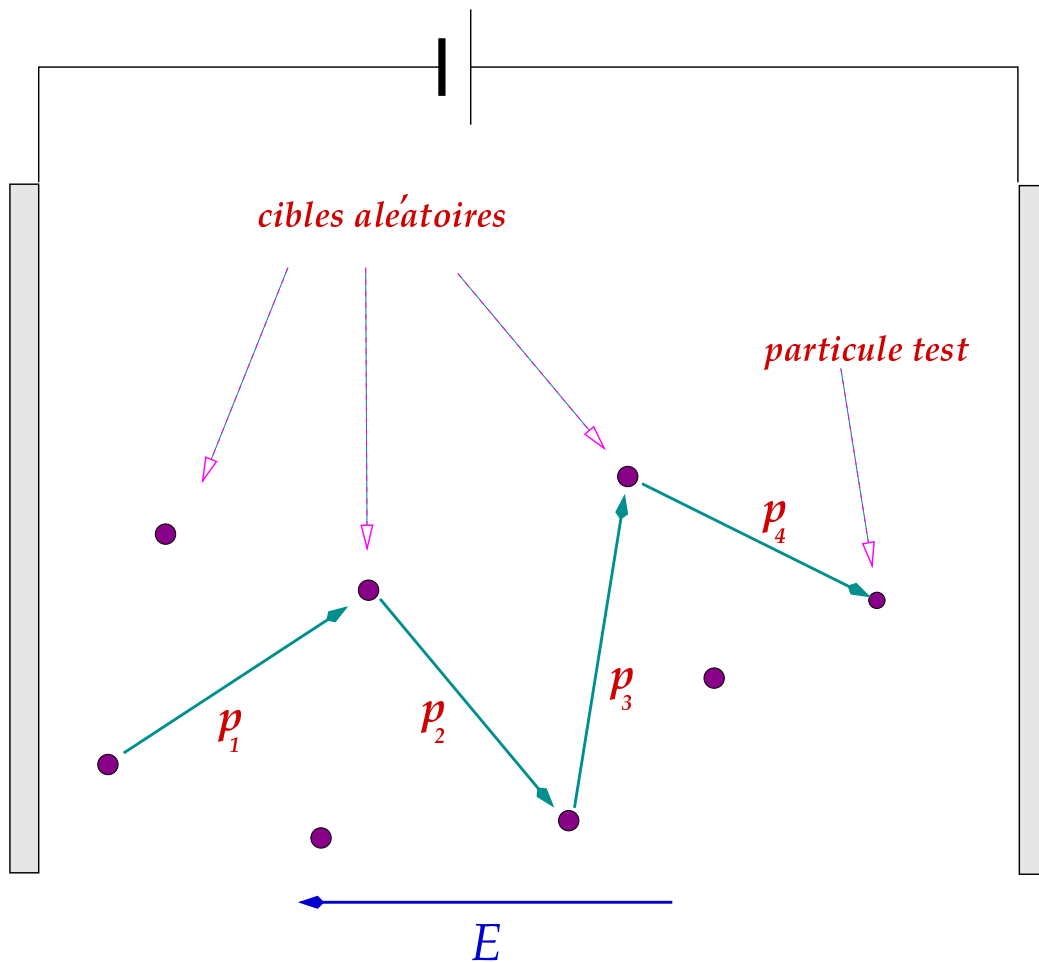
- $\Sigma\tau\omicron\chi\alpha\zeta\epsilon\iota\nu$ (stokhazein) = *viser*,
action volontaire mais entachée d'erreurs.
- *Alea* = *jeu de dés*,
ce qui relève du sort.
- *Al-zhar* (hasard) = *jeu de dés.*

Agitation Thermique

- *Agitation thermique* des molécules d'eau
⇒ *forces aléatoires* sur le pollen.
- La température non nulle produit *au hasard* :
 - les *défauts* des pierres précieuses,
 - le mouvement *erratique* du pollen Brownien.
- Forces aléatoires ⇒
 - viscosité ⇒ vitesse limite : *dissipation*
 - diffusion des petites particules :
odeurs, aérosols, phéromones....
- Hasard ⇒ *Irréversibilité*.

Remonter le temps est rendu *IMPOSSIBLE* par le caractère *aléatoire* du mouvement microscopique.

L'électron de Mr Drude...



- Un métal est un cristal *sans bande interdite* pour les électrons.
- Les électrons de conduction d'un métal se comportent comme des *particules Browniennes*, en raison des chocs sur les centres atomiques.
- Une différence de potentiel V aux bornes produit un courant *proportionnel* à V (*Loi d'Ohm*).

POUR CONCLURE

Le Vide et la Matière

Les Physiciens des particules nous disent aujourd'hui :

- Le *Vide Physique* est structuré comme un *cristal*.
- Les *particules*,
constituants élémentaires de la *Matière*,
ne sont que les *défauts* de ce cristal hypothétique.
- Comme les électrons dans les métaux, les particules
ont des *mouvements microscopiques erratiques*,
- Elles se regroupent sous l'effet des interactions pour
former :
 - des *noyaux*,
 - des *atomes*, des *molécules*,
 - des *gaz interstellaires*,
 - des *étoiles* ou des *planètes*.

Ne serions-nous que le Résultat d'une
Gigantesque Erreur ?

