KIS-543 – Ur gudenn a Strinkennoniezh

(YBAN – 06 06 97)

[
Kaset on bet da bleustriñ war gudennoù Strinkennoniezh gant ar
pennad emañ Marcel POULAIN o prientiñ a-zivout an diwerelaat evit ar gelaouenn *ΣKIANT*. Kinnig a rin amañ troidigezhioù arroudoù tennet eus J. P. MATHIEU, A. KASTLER, P. FLEURY, *Dictionnaire de physique*, 3e édition, Masson Eyrolles, 1991, a-ser gant notennoù yezh roet da heul
.
]

I. – NIÑVADURIOU KEMPARZHIÑ

Treuzfurmadurioù dibarek a wezh an *niñvaderioù* anezho war ergorennoù jedoniel o terc'hennañ brasterioù fizikel.

KEMPARZHIÑ EC'HONEL. Treuzfurmadurioù mentoniel na gemmont nag ar stumm nag ar mentoù p'o arloer ouzh un ergorenn pe ul lun. Graet e vez ivez *niñvadurioù gourloiñ* anezho. Diforc'hiñ a reer :

a) **niñvadurioù a'r spesad kentañ** a c'hell bezañ sevenet war ergorennoù danvezel : c'hweladurioù $2\pi/n$ en-dro d'un ahel anvet *ahel dihellus* a urzh n. Mard eo kendalc'hek ez eo $n = \infty$ (ahel kelc'htreiñ). Mar _____________

I. – OPERATIONS DE SYMÉTRIE

Transformations particulières dont les *opérateurs* agissent sur des êtres mathématiques représentant des grandeurs physiques.

SYMETRIE SPATIALE. Transformations géométriques qui, appliquées sur un objet ou à une figure, ne changent ni sa forme, ni ses dimensions. On les nomme aussi *opérations de recouvrement.* On distingue :

a) **les opérations de première espèce**, réalisables sur des objets matériels : rotations de $2\pi / n$ autour d'un axe dit *axe direct* d'ordre *n*. Si la rotation

c'hoarvez ar c'hweladur a-ser gant un treuzkludadur a-hed an ahel ez eo hemañ ur *biñsahel*.

b) **niñvadurioù a'n eil spesad**, ankendalc'hek hag ansevenadus war ergorennoù andistummadus : ar *ginadurioù c'hwelañ*, eleze c'hweladurioù en-dro d'un ahel a urzh *n* a-ser gant ur ginadur en-dro d'ur poent eus an ahel. Mard eo $n = 0$ pe 1 ez eo an niñvadur ur *ginadur* eeun, anvet ivez niñvadur *parded* $(\hat{\mathrm{P}})$; mard eo $n = 2$ ez eo an niñvadur un *drec'hadur e-keñver ur blaenenn* a-serzh war an ahel. E-lec'h ar ginadurioù c'hwelañ e c'haller desellout evel niñvadurioù an eil spesad an *drec'hadurioù c'hwelañ*, c'hweladurioù en-dro d'un ahel a urzh *n* anvet *ahel ginus*, a-ser gant un drec'hadur e-keñver ur blaenenn a-serzh war an ahel. Mard eo $n = 1$ ez eo an niñvadur un drec'hadur ; mard eo $n = 2$ ez eo ur *ginadur*.

Un drec'hadur a c'hell bezañ heuliet gant un treuzkludadur kenstur d'ar blaenenn drec'hiñ anvet neuze *plaenenn gemparzh gant rikladur*.

---

est continue, $n = \infty$ (axe de révolution). Si la rotation est accompagnée d'une translation le long de l'axe, celui-ci est un *axe hélicoïdal.*

b) l**es opérations de seconde espèce**, discontinues et irréalisables sur des objets indéformables : ce sont les *inversions rotatives*, rotations autour d'un axe d'ordre *n*, accompagnées d'une inversion autour d'un point de l'axe. Si $n = 0$ ou 1, l'opération est une simple *inversion*, nommée aussi opération *parité* $(\hat{\mathrm{P}})$; si $n = 2$, l'opération est une *réflexion plane* ou *mirage*, sur un plan normal à l'axe. Au lieu des inversions rotatives, on peut considérer comme opérations de seconde espèce les **réflexions rotatives**, rotations autour d'un axe d'ordre *n*, qui prend le nom d'*axe inverse*, accompagnées d'une réflexion sur un plan normal à l'axe. Si $n = 1$, l'opération est un mirage ; si $n = 2$, c'est une *inversion*.

Un mirage peut être suivi d'une translation parallèle au plan de réflexion, nommé alors *plan de symétrie avec glissement.*

NOTENNOU

1. – Er Strinkennoniezh ez engronn Gl. *symétrie* an holl dreuzfurmadurioù o kevanderc'hel ur perzh a resisaer (da skouer an treuzfurmadurioù o kevanderc'hel stumm ur strinkenn : treuzkludadurioù, c'hweladurioù, biñsadurioù...) e kemm ouzh ar Jedoniezh ma komzer a gemparzh e-keñver ur poent, un eeunenn, ur blaenenn. Ar gentañ gudenn eo : hag eñ a virer Br. *kemparzh* a-gevatal da Gl. *symétrie* ar Strinkennoniezh ?
Ya, a gav din : e Da-63, p. 18, e lennan “KEMPARZH g., kempenn parzhioù heñvel, par o mentoù, urzhiet heñvel. […]”. Neuze ez eo keverdal Br. *kemparzh* ha Gl. *symétrie*.

2. – Heñvel dra : termenoù boutin etre ar Jedoniezh hag ar Fizik (Strinkennoniezh) zo dezho sterioù disheñvel. Er Jedoniezh da skouer, Gl. *inversion*, Br. *ginadur* zo un treuzfurmadur hevelep ma'z eo ur poent M hag e zelvad M' ereet dre an daveadur $\overline{OM}.\overline{OM'} = k$ (M ≠ O), O o vezañ ur poent fest anvet blein ar ginadur ha k ur gwerc'hel anvannel. Er Strinkennoniezh ez eo pe ar c'hemparzhiñ e-keñver ur blaenenn (anvet ivez *drec'hadur*, Gl. *réflexion*), pe ar c'hemparzhiñ e-keñver ur poent. Kement-se a sell ouzh ster Br. *gin* e Fizik. E degouezh an daou dreuzfurmadur-se – etrezo ur c'hweladur e-keñver un ahel – ez eus delvet un trizaleg (Gl. *trièdre*) *dihell* (Gl. *direct*, *droit*) en un trizaleg *sou* (Gl. *rétrograde*, *gauche*) pe *gin* (Gl. *inverse*) e hanc'herieg ar Fizik : “Gl. *énantiomères*. Div volekulenn a zo etrezo un izomeriezh drec'hel zo dezho furmoù gin, an eil o vezañ an drec'h eus eben. Lavarout a reer ez int *gindrec'h* (Gl. *énantiomorphes*), ez eus anezho *gindrec'hennoù* (Gl. *inverses optiques*)”, sl. KIS-407, La-09, pp. 424-425. Ne gav ke din ez eus arvar a vesk o heuliañ amañ ar galleg o vezañ m'emeur e domani an alvez.

3. – Gl. *axe inverse*, *axe direct*. N'eus ket anv amañ eus delvad un ahel en un treuzfurmadur, met eus un ahel a zo e unan ur *ginader kemparzhiñ* (Gl. *opérateur de symétrie*). A se ne glotfe ket “ahel dihell” pe “ahel sou”. Setu perak e ran gant *dihellus* ha *ginus* (sl. ivez KIS-184, La-07, pp.67-69).

II. – PERZHIOU KEMPARZH

Un ergorenn, ur braster pe ur gevreizhenn eus ar Fizik a c'hell bezañ naouet dre (h)e (m)vonedigezh e-keñver un *niñvadur kemparzhiñ*. Lavarout a reer ez eo *kemparzhek* mar chom *anargemm* dre an niñvadur-se.

____

II. – PROPRIETES DE SYMETRIE

Un objet, une grandeur ou une fonction de la Physique peut être caractérisée par son comportement à l'égard d'une *opération de symétrie*. Il est dit *symétrique* si cette opération le laisse *invariant*.

KEMPARZHADURIOÙ EC'HONEL

a) Un ergorenn (pe ul lun) zo kemparzhek mar galler he c'henlec'haat ganti he unan dre un pe lies niñvadur, o niñvaderioù o vezañ *elfennoù kemparzh* an ergorenn. Teskad an niñvadurioù a c'haller arloañ evel-se ouzh an ergorenn a ampar ur *stroll*, he *stroll kemparzh ec'honel*. En un ergorenn pe ul lun bevennek o deus an holl elfennoù kemparzh ur poent boutin da nebeutañ a zo ar *c'hreiz kemparzh*, en degouezh ma'z eo kem-parzhek an ergorenn dre ur ginadur. Mard eo bevennek niver an elfennoù kemparzh ez amparont ur stroll bevennek anvet *stroll poentel.* Ar strolloù bevennek kendalc'hek (stroll kemparzh dre c'hweladur ahelel pe bellennel) zo enno un pe lies *ahel kemparzh kelc'htreiñ.*

En ul lun anvevenn e c'hell treuzkludadurioù bezañ elfennoù kemparzh, hag ivez biñsahelioù ha plaenennoù kemparzhiñ gant rikladur. Ar stroll kemparzh a amparont zo anvevenn e urzh.

b) Ar maeziennoù, perzhioù an danvez zo dezho ur c'hemparzh ec'honel ivez. Un tizh, un tredanvaez, bleinekadur tredanel ur gaeell zo dezho kemparzh ur *sturiadell vleinel* ; ur gindaouad, ur gwarellvaez, ur

---

SYMETRIE SPATIALE

a) Un objet, ou une figure, est symétrique lorsqu'il peut être amené en coïncidence avec lui-même par une ou plusieurs opérations, dont les opérateurs sont les *éléments de symétrie* de l'objet. L'ensemble des opérations de symétrie ainsi admises par un objet forme un *groupe*, son *groupe de symétrie spatiale*. Dans un objet ou une figure finis, tous les éléments de symétrie ont au moins un point commun, qui est le *centre de symétrie* dans le cas où l'objet est symétrique par inversion. Si le nombre des éléments de symétrie est fini, ils forment un groupe fini ou *groupe ponctuel*. Les groupes finis continus (groupes de symétrie par rotation axiale ou sphérique) contiennent un ou plusieurs *axes de symétrie de révolution.*

Dans une figure illimitée, des translations peuvent être des éléments de symétrie, ainsi que des axes hélicoïdaux et des plans de symétrie avec glissement. Le groupe de symétrie qu'ils forment est d'ordre infini.

b) Les champs, les propriétés de la matière possèdent aussi une symétrie spatiale. Une vitesse, un champ électrique, une polarisation diélectrique, possèdent la symétrie d'un *vecteur polaire* ; un couple, un champ magnétique, une

warellusted hini ur *sturiadell ahelel* (pe *ledsturiadell*). Kemparzh ur metou danvezel zo an hini boutin etre e holl berzhioù anavezet bremañ.

III. – STRINK(ENN)

A. – Dezanvadur kenwerzhel ur gwer boull hag anliv, ennañ plom al liesañ.

B. – Sonnenn savelek he c'henaoz kimiek, ungenezh a zo *hanahelek* reoù 'zo eus he ferzhioù, d'an nebeutañ. An hanahelegezh-se a c'hell argemmañ en un doare kendalc'hek gant ar roud evit a sell ar perzhioù treloc'hel, tredanel, luc'hel... ; hogen pezh zo naouus d'ar stad strinkel ez eo ankendalc'hegezh hanahelegezh perzhioù evel ar *gevanstagded* (a erzerc'h dre an *disfaoutañ*) hag amgended tizhoù kreskiñ an talioù, pezh a zec'han furmoù liestalek ar strinkennoù o plegañ da *savelennoù Romé de l'Isle* ha *Haüy*.

Peurvuiañ e vez lies roud kevatal ma'z eo an hevelep re ar perzhioù muzuliadus pe arselladus. Neuze, al lun amparet gant teskad ar roudoù-se treset diouzh ur poent fest O zo dezhañ ur *c'hemparzh durc'hadur* bennak. An *niñvadurioù kemparzhiñ* (c'hweladurioù en-dro da ahelioù ar c'hentañ

___

aimantation, celle d'un *vecteur axial*. La symétrie d'un milieu matériel est celle commune à toutes ses propriétés actuellement connues.

III. – CRISTAL

A. - Désignation commerciale d'un verre limpide et incolore, renfermant généralement du plomb.

B. - Solide de composition chimique définie, homogène et dont certaines au moins de ses propriétés physiques sont *anisotropes*. Cette anisotropie peut varier de façon continue avec la direction lorsqu'il s'agit de propriétés mécaniques, électriques, optiques... ; mais ce qui caractérise l'état cristallin, c'est la discontinuité de l'anisotropie de propriétés telles que la *cohésion* (ce qui se manifeste par le *clivage*) et la vitesse de croissance différente des faces, ce qui donne naissance aux formes cristallines polyédriques satisfaisant aux *lois de Romé de l'Isle* et de *Haüy*.

Le plus souvent, il existe plusieurs directions équivalentes, dans lesquelles les propriétés mesurables ou observables sont les mêmes. La figure formée par l'ensemble de ces directions tracées à partir d'un point fixe O possède alors une certaine **symétrie d'orientation**. Les *opérations de symétrie* (rotations autour

hag an eil spesad dezho O da genboent) o kenlec'haat al lun-se gantañ e-unan a ampar ur stroll bevennek, *stroll poentel* ar strinkenn.

Urzh an ahelioù kemparzh o vezañ bevennet da 1, 2, 3, 4 pe 6 gant *savelenn ar feuriaderioù kemezel* ez ampar ar c'hevosodadoù c'hweladurioù gallus 32 stroll a savel an 32 *rumm strinkennoù.* Bodañ a reer ar rummoù-se evit arbennoù a gemparzh e 7 *reizhiad strinkel.*

Ar c'hemparzh durc'hadur zo treuztaol meurselladel kemparzh luniadur atomel ar strinkenn, anvet *kemparzh savlec'h* pe *kemparzh gourloiñ.* Evodiñ a ra luniadur ur strinkenn skouerel diwar arreadur trovezhiek ur stroll atomennoù, ar *goustur strinkel*, hervez ur *rouedad Bravais*. Kemparzhadurioù gourloiñ ar strinkenn a c'houlakaer anvevenn zo enno re he stroll poentel, treuzkludadurioù he rouedad, ha diouzh an dro biñsc'hweladurioù ha drec'hadurioù gant rikladur. An teskad anezho a ampar ur stroll anvevenn, *stroll ec'honel* ar strinkenn. Bez' ez eus
230 stroll ec'honel. E pep hini anezho ez ampar an treuzkludadurioù un isstroll *T*.

Stroll periad $G_f = G_e / T$ ar stroll ec'honel G_e zo kendelvek gant stroll poentel ar strinkenn.

---

d'axes de première et de seconde espèce ayant en commun le point O) qui l'amène en coïncidence avec elle-même forment un groupe fini, le *groupe ponctuel* du cristal.

L'ordre des axes de symétrie étant limité à 1, 2, 3, 4 ou 6 par la *loi des indices rationnels*, les combinaisons de rotations possibles forment 32 groupes, qui définissent les 32 *classes de cristaux*. Ces classes sont réunies, pour des raisons de symétrie, en 7 *systèmes cristallins*.

La symétrie d'orientation est le reflet macroscopique de la symétrie de la structure atomique du cristal, nommé *symétrie de position* ou *symétrie de recouvrement*. La structure d'un *cristal parfait* résulte de la répétition périodique d'un groupement d'atomes, le *motif cristallin*, suivant un *réseau de Bravais*. Les opérations de symétrie de recouvrement du cristal supposé illimité comprennent celles de son groupe ponctuel, les translations de son réseau, éventuellement des rotations hélicoïdales et des mirages avec glissement. Leur ensemble forme un groupe infini, le *groupe spatial* du cristal. Il existe 230 groupes spatiaux. Dans chacun d'eux, les translations forment un sous-groupe *T*.

Le groupe facteur $G_f = G_e / T$ du groupe d'espace G_e est isomorphe du groupe ponctuel du cristal.

IV. – REIZHIAD STRINKEL

Teskad ar *modoù rouedad ec'honel* pe ar *rummoù strinkennoù* boutin warno un pe lies ahel kemparzh. Diforc'hiñ a reer seizh reizhiad : *triklinek* (1 ahel a urzh 1, enni 1 mod ha 2 rumm) ; *monoklinek* pe *klinorombek*
(1 ahel a urzh 2, 2 vod, 3 rumm) ; *ortorombek* pe *tridaoudañvel* (3 ahel a urzh 2 kenserzh, 4 mod, 3 rumm) ; *tredañvel* pe *romboedrek* (1 ahel a
urzh 3, 1 mod, 5 rumm) ; *perdañvel* pe *pevarc'hornel* (1 ahel a urzh 4,
2 vod, 7 rumm) ; *c'hwec'hkornel* (1 ahel a urzh 6, 1 mod, 7 rumm) ; *diñsek* pe *reoliek* pe *keitvent* (4 ahel tredañvel kenstur da dreuzvegennoù un diñs, 3 mod, 5 rumm).

E pep reizhiad ez eus ur rumm a zo e stroll kemparzh hini *modoù rouedad* an kez reizhiad : *holldaliezh* ar reizhiad eo a zo ar rummoù all anezhi isstrolloù, anvet rummoù *darndalel* oc'h amparañ an *darndaliezh.*

IV. – SYSTEME CRISTALLIN

Ensemble des *modes de réseau spatial* ou des *classes de cristaux* qui possèdent en commun un ou plusieurs axes de symétrie. On distingue sept systèmes : *triclinique* (1 axe d'ordre 1, comprenant 1 mode et 2 classes) ; *monoclinique* ou *clinorhombique* (1 axe d'ordre 2, 2 modes, 3 classes) ; *orthorhombique* ou *terbinaire* (3 axes d'ordre 2 perpendiculaires entre eux, 4 modes, 3 classes) ; *ternaire* ou *rhomboédrique* (1 axe d'ordre 3, 1 mode, 5 classes) ; *quaternaire* ou *quadratique* ou *tétragonal* (1 axe d'ordre 4, 2 modes, 7 classes) ; *hexagonal* (1 axe d'ordre 6, 1 mode, 7 classes) ; *cubique* ou *régulier* ou *isométrique* (4 axes ternaires parallèles aux diagonales d'un cube, 3 modes, 5 classes).

Dans chaque système existe une classe dont le groupe de symétrie est celui des *modes de réseau* du même système : c'est *l'holoédrie* du système, dont les autres classes sont des sous-groupes, nommés *mériédries*.

NOTENNOU

1. – Gl. *cristallin*, Br. *strink* pe *strinkel* ? E GSTL. e lennan 1002 : “utilisant pour substrat un isolant, le saphir, de structure –e *o tanveziñ da zindanad un disfuer, ar safir, dezhañ ul luniadezh strink*”. Amañ ez eus kel eus un danvez dezhañ ul luniadezh "a zo hini ar strink". Pa lavarer *luniadezh strink* e reer dave da zaou hennad enta, al *luniadezh* hag ar

strink. Ur gudenn damheñvel zo bet pleustret warni (KIS-400, La-09, pp. 390 hh.) a-zivout *perzhioù korf* ha *perzhioù korfel*. Evit menegiñ un hennad resis e vo lavaret *luniadur strinkel* da skouer, evel *stad liñvel*, *aezhel*, *sonnel*. E se ez eo ar *stad strinkel* ur meizad eus ar Fizik, un hennad dezvonnet ha damkanet, e kemm lakaomp ouzh ar *stad werel*. A se e vo graet anv a *reizhiad strinkel*, *goustur strinkel*, *stad strinkel*, *luniadur strinkel*...

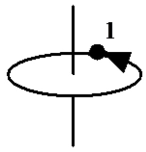
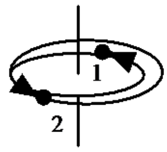
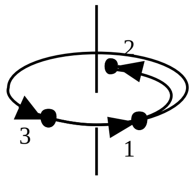
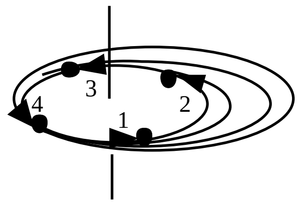
2. – Evit an anvioù da reiñ d'ar reizhiadoù e welan tri doare : a) diwar stumm ar strinkenn elfennel ; b) diwar urzh an ahelioù kemparzh a zo ivez urzh stroll ar c'hweladurioù en-dro d'an ahelioù-se (eleze priñvel ar stroll pe niver e elfennoù) ; c) diwar niver kornioù ar pevarzueg reoliek o chom anargemm en kez stroll. Damgevatal eo b) ha c).

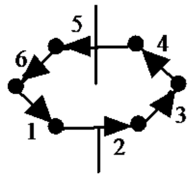
~ Kentañ penn : ha kevatalioù brezhonek a vo roet da anvioù Gl. Et. ar reizhiadoù ? Bez' e ve Et. *-clin-* ha *-rhomb-* da vrezhonekaat. Degas a ran da goun VALL. p. 128 "**CLINOMETRE** *dinaouvuzulier* " ha TNKN. pp. 81-88 "Gl. **SYNCLINAL,** Br. *kennaouenn* ; Gl. **ANTICLINAL,** Br. *enepnaouenn* ; Gl. **GEOSYNCLINAL,** Br. *douargennaouenn*". Ne gav ket din e ve fur ober gant Br. *-naou-* pa vez engwezhiet kalzik endeo gant sterioù pell pe belloc'h (dinaouiñ = berañ, diverañ ; naouiñ dre : bezañ dezverket gant). Tostoc'h eo *naou* Gl. *pente* arveret er Jedoniezh, hogen un arguzenn a-enep e ve kentoc'h. En hIw. e kaver *clóin*, La. *clino* (Iw. *claon*), alese Sz. *monoclinic*, Iw. *aonchlaonasach*. Neuze Br. *tric'hlinek* pe *triklinek*, *unklinek* pe *monoklinek*, mar dezneuzier an Et. pe get ? Pe c'hoazh udb. diwar hBr. PANTET, eleze **unpantek*, **trifantek* ? Pe diwar *stou-* : Br. *stouadenn*, Gl. *inclinaison* (KUVA.) ? Betek gouzout e viran an termen etrevroadel.

Chom a ra *-rhomb-* bremañ. N'eus met er Gl. *rhomboédrique* e talvez *-rhomb-* kement hag ul lankell ent strizh. Tu ve da soñjal e lankell, tezell... Kavout a ra din ez eo kenkoulz mirout an Et. Diwar vont e ra al levr Jedoniezh, kentañ derez, kelc'hiad 2, *Penaos 'mañ kont*, embannet gant Ti-embann ar skolioù brezhonek, 1992, gant *romb* evit lankell. Diwar ar Sz. *rhomb*, *rhombus*. Ar Sz. a ra ivez gant *lozenge*. Kounañ e teu Gl. *losange*, *lause* eus ar Kt. **lausa* ! Marteze e vo korvoadus Br. *laoz* e lec'h all...

~ D'an eil : evit a sell urzh ha niver an ahelioù.

Distroomp d'ar reizhiad strinkel. Merzhomp da gentañ ne chom ket anargemm ar reizhiad dre n'eus forzh petore treuzkludadur : dav eo ma ve treuzkaset pep atomenn a'r strinkenn war ul lec'h gannet a-raok gant un atomenn all. Hevelep treuzkludadurioù zo lieskement an treuzkludadurioù elfennel savelet gant mailh ar rouedad. Heñvel dra ne van ket ar rouedad anargemm dre an holl c'hweladurioù : n'eus met kornioù dibarek a glot. Ar c'hweladurioù-se en-dro d'un ahel zo lieskement ur c'hweladur elfennel, hag o vezañ ma vo adkavet ar savlec'h derou war-lerc'h un niver bevennek a c'hweladurioù ez amparont ur stroll bevennek. Niver ar c'hweladurioù diforc'h a zo er stroll – eleze e urzh – zo par da niver tuioù ul liestueg reoliek a van anargemm er kez stroll (ditouroù tennet eus Georges LOCHAK, *La Géométrisation de la Physique*, Nouvelle Bibliothèque Scientifique, Flammarion, 1994). Neuze ez eo urzh an ahel priñvel ar stroll. Tu ve da soñjal er steudad *unanveder*, *eilveder*, *triveder*..., nemet e lennan GON. “EILVEDER, adj. Binaire, nombre de deux. Qui est composé de deux unités” hag ivez “TRIVEDER, adj. Ternaire, composé de trois”. Ha n'eo ket se eo e degouezh an ahelioù : n'int ket amparet gant unanennoù pe unvezioù, met daveiñ a reont da briñvel ar stroll. A se e c'haller deverañ diwar *-tañv-* hag ober anv a *pedañvelezh* un ahel.

Pedañvelezh (urzh) an ahelioù	**goulun ar c'hweladurioù**	**ikon**
ahel undañvel : ahel a gentañ urzh (urzh 1)		
ahel daoudañvel : ahel a eil urzh (urzh 2)		
ahel tridañvel : ahel a drede urzh (urzh 3)		
ahel perdañvel : ahel a bevare urzh (urzh 4)		

ahel c'hwedañvel : ahel a c'hwec'hvet urzh (urzh 6)		

a)

~ anvadur ar reizhiadoù :

Diwar stumm ar strinkennoù	**Diwar urzh ha niver an ahelioù**	**Diwar niver ar c'hornioù c'hwelañ**
triklinek	*undañvel*	*unkornel*
monoklinek pe *klinorombek*	*(un)daoudañvel*	*daougornel*
ortorombek	*tridaoudañvel*	
romboedrek	*(un)tredañvel*	*tric'hornel*
	(un)perdañvel	*pevarc'hornel*
	(un)c'hwedañvel	*c'hwec'hkornel*
diñsek pe *reoliek* pe *keitvent*	*perzredañvel*	

~ Evit a sell Gl. *holoédrie*, eleze ar rumm a zo ar stroll kemparzh hini modoù rouedad an kez reizhiad e komzer ivez a Gl. *holoèdre* “qualifie un cristal dont la classe possède la symétrie maximale du système cristallin auquel elle appartient. Dans ce cas, la symétrie de recouvrement du milieu cristallin est celle de son réseau de Bravais” (*Dictionnaire da la Physique*, op. cit.). Hag ivez Gl. *mérièdre* pe *méroèdre*: “qualifie un cristal dont la classe possède un groupe de symétrie d'ordre moitié (hémiédrie) ou quart (tétartoédrie) ou huitième (ogdoédrie) de celui de la classe holoèdre, dans un sytème cristallin donné. On distingue l'hémiédrie paramorphe, centrée ou parahémiédrie, qui conserve le centre de l'holoédrie s'il existe ; l'hémiédrie hémimorphe ou pyramidale ou antihémiédrie, dont l'axe principal est polaire ; l'hémiédrie holoaxe ou énantiomorphe, qui ne conserve que les axes directs ; l'hémiédrie sphénoïdale conserve un axe inverse et des axes binaires ; la tétartoédrie sphénoïdale n'a qu'un axe inverse” (ibid.). E saozneg ez eus *holohedral* “having full number of planes given by complete symmetry” (*The Concise Oxford Dictionary*), *merohedral* : “(of crystal) having less than full number of faces corresponding to its symmetry”. Eleze ar Br. *strinkenn holldalek*, Sz. *holohedral crystal*, Gl. *cristal holoèdre*, hag ivez Gl. *holoédrie*, rumm ar strinkennoù dezho an holl dalioù gallus bennozh d'ur c'hemparzh klok, Br. *holldaliezh*. Chom a ra kudenn ar Gl. *hémi-*, *tétarto-*, *ogdo-*...

V. – ROUEDAD EC'HONEL pe ROUEDAD BRAVAIS

Teskad poentoù lec'hiet e begoù kensturdalegoù unrezh kevelstalet o leuniañ an ec'honder hep loez ebet. E zesellout a c'haller evel arreadur reoliek ur poent diforzh P diouzh tri roud ankemplaen an ec'honder gant an trovezhioù $\vec{a}$, $\vec{b}$, $\vec{c}$ anvet *bondreuzkludadurioù* pe *sturiadelloù diazez*. Ar pellder $\vec{t}$ eus ur poent pe klom a'r reizhiad d'ar poent orin zo :

$$\vec{t} = u\vec{a} + v\vec{b} + w\vec{c}\ (u,\ v,\ w\ \text{kevanion} \gtrless 0)$$

Nep eeunenn o tremen dre zaou glom zo ur *rezad*. Nep plaenenn o tremen dre dri c'hlom zo ur *blaenenn rouedad* ; enni ez eus ur rouedad plaen. Ar c'hensturdalegoù zo *mailhoù eeun* pe *mailhoù kentek* ar rouedad ec'honel. En ur rouedad roet n'eo ket savelek stumm ar mailhoù : regoù tev al lun b a zezvonn teir skouer vailhoù eeun. An holl zo dezho an un ec'honad *V*, par da liesâd kemmesk an 3 sturiadell diazez $V = (\vec{a} \wedge \vec{b}).\vec{c}$. Liesañ e tibaber da vailh kentek an hini tostañ d'ur c'hensturdaleg serzh. Naouiñ a ra dre ar

---

V. – RESEAU SPATIAL ou RESEAU DE BRAVAIS

Ensemble de points disposés aux sommets de parallélépipèdes identiques contigus emplissant l'espace sans lacune. On peut le considérer comme résultant de la répétition régulière d'un point quelconque P suivant trois directions non coplanaires de l'espace, avec les périodes $\vec{a}$, $\vec{b}$, $\vec{c}$ nommées *translations fondamentales* ou *vecteurs de base*. La distance $\vec{t}$ d'un point ou nœud du réseau au point origine est :

$$\vec{t} = u\vec{a} + v\vec{b} + w\vec{c}\ (u, v, w\ \text{entiers} \gtrless 0)$$

Toute droite passant par deux nœuds est une rangée. Tout plan passant par trois nœuds non alignés est un *plan réticulaire* ; il contient un réseau plan. Les parallélépipèdes sont les *mailles simples* ou *mailles primitives* du réseau spatial. Dans un réseau donné, la forme des mailles n'est pas déterminée : les traits forts de la figure b délimitent trois exemples de mailles simples. Toutes ont le même volume *V*, égal au produit mixte des 3 vecteurs de base $V = (\vec{a} \wedge \vec{b}).\vec{c}$. On choisit généralement pour maille primitive celle qui se rapproche le plus d'un parallélé-

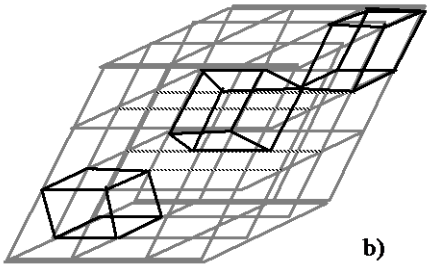
molloù *a*, *b*, *c* eus an tri bondreuzkludadur ha dre ar c'hornioù α, β, γ a zo etrezo (lun c). Evit gwerzhioù dibarek ar 6 arventenn-se e c'hell hollad ar rouedad kaout *elfennoù* *kemparzh* diseurt. An daolenn da heul a ziskouez ar gwerzhioù-se evit ar *7 reizhiad strinkel*. Bez' ez eus 14 doare disheñvel da leuniañ an ec'honder war-bouez mailhoù eeun : *14 mod ar rouedadoù Bravais* int.

Da lakaat war ziskouez kemparzh ar rouedad en he saver diwar-bouez *mailhoù elfennel* dezho ar c'hemparzh-se (lun d). E c'hell bezañ mailhoù kentek (P), hogen ivez *mailhoù liesek* enno klomoù e lec'h all estr eget en o begoù : mailhoù kreizet (I), mailhoù diazoù kreizet (C), mailhoù talioù kreizet (F). Skouer : mailh eeun ar mailh diñsek talioù kreizet zo ul lankelldaleg a zo ar c'horn daoudalek par da 120°.

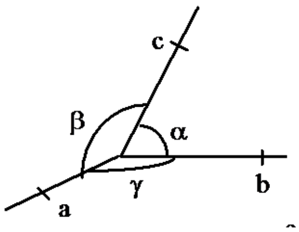
---

pipède rectangle. Elle est caractérisée par les modules *a*, *b*, *c* des 3 translations fondamentales et par les angles α, β, γ qu'elles font entre elles (figure c). Pour des valeurs particulières de ces six paramètres, l'ensemble du réseau peut posséder divers *éléments de symétrie*. Le tableau suivant contient ces valeurs pour les *7 systèmes cristallins*. Il existe 14 manières différentes d'emplir l'espace à l'aide de mailles simples : ce sont *14 modes de réseaux de Bravais*.

Pour mettre en évidence la symétrie du réseau, on le construit à l'aide de *mailles élémentaires*, qui possèdent cette symétrie (figure d). Ce peuvent être des mailles primitives (P), mais aussi des *mailles multiples*, contenant alors des nœuds ailleurs qu'à leurs sommets : mailles centrées (I), à bases centrées (C), à faces centrées (F). Exemple : la maille simple de la maille cubique à faces centrées est un rhomboèdre dont l'angle dièdre est égal à 120°.



b)



ARVENTENNOU AR SEIZH REIZHIAD STRINKEL

Gl. *triclinique* : Br. *triklinek*

$$\alpha \neq \frac{\pi}{2}, \beta \neq \frac{\pi}{2}, \gamma \neq \frac{\pi}{2} \ ; \ a \neq b \neq c$$

Gl. *monoclinique* : Br. *monoklinek*

$$\alpha = \gamma = \frac{\pi}{2}, \beta \neq \frac{\pi}{2} \ ; \ a \neq b \neq c$$

Gl. *orthorhombique* : Br. *ortorombek*

$$\alpha = \beta = \gamma = \frac{\pi}{2} \ ; \ a \neq b \neq c$$

Gl. *trigonal R* : Br. *tric'hornel R*

$$\alpha = \beta = \gamma \neq \frac{\pi}{2} \ ; \ a = b = c$$

Gl. *tétragonal* : Br. *pevarc'hornel*

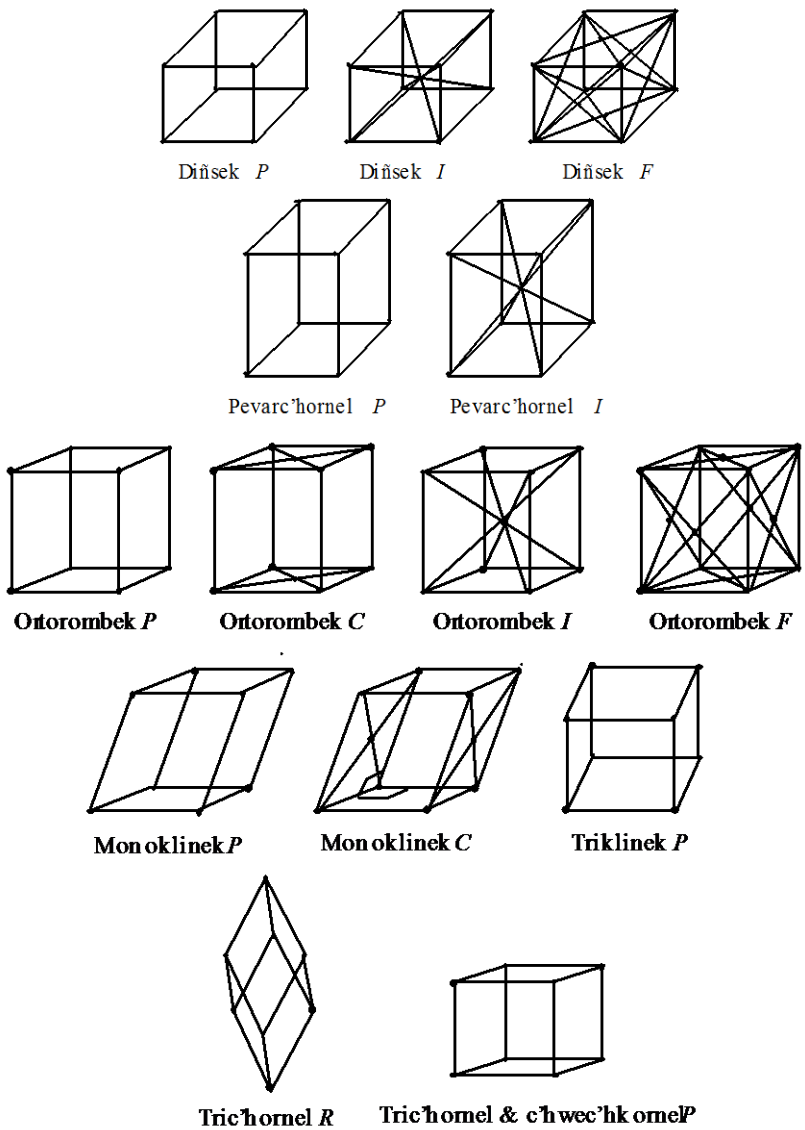
$$\alpha = \beta = \gamma = \frac{\pi}{2} \ ; \ a = b \neq c$$

Gl. *hexagonal* : Br. *c'hwec'hkornel*

$$\alpha = \beta = \frac{\pi}{2}, \gamma = \frac{2\pi}{3} \ ; \ a = b \neq c$$

Gl. *cubique* : Br. *diñsek*

$$\alpha = \beta = \gamma = \frac{\pi}{2} \ ; \ a = b = c$$


Diñsek P
Diñsek I
Diñsek F
Pevarc'hornel P
Pevarc'hornel I
Ortorombek P
Ortorombek C
Ortorombek I
Ortorombek F
Monoklinek P
Monoklinek C
Triklinek P
Tric'hornel R
Tric'hornel & c'hwec'hkornel P

d)