Elémens du Jeu de Terminus

GaalN

avec 19 illustrations

Introduction

GaalN propose dans cet article, une version commentée de la partie axiomatique de son *traité du jeu de* Terminus ; il a en particulier ajouté les quelques précieuses illustrations qui faisaient défaut à la version originelle. Pour en faciliter la lecture, nous avons distingué les commentaires du corps du texte en les encadrant, et nous conseillons au lecteur peu familier de la *terminologie* de lire ce fascicule intégralement, tout en portant son attention sur les parties encadrées.
L'origine du *jeu de* Terminus est assez controversée, mais il semble qu'il soit né d'une tentative de reconstruction du jeu d'Echec, qui a mal tourné, axiomatiquement parlant [1].

Mode d'emploi de ce traité

1. Le traité prend le jeu à son début, et donne un système de règles, sinon complet, tout au moins consistant. Sa lecture ne suppose donc, en principe, aucune connaissance particulière, mais seulement une certaine habitude du raisonnement et un certain pouvoir d'abstraction. Néanmoins, le traité est destiné plus particulièrement à des lecteurs possédant au moins une bonne connaissance des nodules et des œufs.

2. Le mode d'exposition suivi est axiomatique et procède le plus souvent du général au particulier. Les nécessités de l'exposition exigent que les parties se suivent, en principe, dans un ordre logique rigoureusement fixé. L'utilité de certaines considérations n'apparaîtra donc au lecteur qu'à la lecture de chapitres ultérieurs, à moins qu'il ne possède déjà des connaissances assez étendues.

3. Le lecteur habitué aux traités de jeux actuels ne s'étonnera pas de l'illustration restreinte de ces élémens : le danger des figures est en effet de suppléer au raisonnement par une vision intuitive des mouvements des pièces ; aussi n'en avons-nous donné aucune dans la partie consacrée à l'exposé axiomatique du *jeu de* Terminus ; et celles qu'on trouvera dans le reste du traité ne sont destinées qu'à concrétiser certaines configurations. Il est cependant fortement conseillé au lecteur de réaliser lui-même des figures, lorsqu'il en sentira le besoin.

En commentant le manuscrit, nous avons la plupart du temps fait une figure pour chaque raisonnement stratégique. Il en était ainsi dans les livres de jeu d'il y a cinquante ans ; ces figures ont complétement, ou presque, disparu des ouvrages actuels. Une raison nous semble être la suivante : les auteurs sont persuadés que leurs lecteurs travaillent avec une feuille de papier et un crayon à côté d'eux, effectuant eux-même les figures nécessaires au fur et à mesure de la lecture, voire effectuant ces figures "dans leur tête". Or l'expérience montre que ces figures n'étaient plus faites, ni sur le papier, ni dans la tête. C'est pourquoi cette refonte a entre autres pour but de réapprendre au lecteur à faire systématiquement des figures lors de la lecture d'un texte.

1 Axiomatisation

1.1 Définitions premières

Définition 1.1.0.1 (nodules) *On appelle nodule la classe quotient de toutes les espèces de structures polymétalliques. Un nodule est dit blanc, ou **b-nodule**, si son orientation est positive, noir, ou **n-nodule**, si elle est négative, et rouge, ou **œuf**, s'il est non-orientable.*

> Le nom donné aux objets importe peu ici : un nodule aurait tout aussi bien pu se nommer une *chaise*, et un œuf une *chope de bière*. Néanmoins, pour la clarté de l'exposé, nous continuerons dans la suite à les appeler nodule et œuf.

Définition 1.1.0.2 (espace nodulaire) *L'espace nodulaire du (n,p)-Terminus est une extension centrale minimale du tore $\mathbb{Z}_p \oplus \mathbb{Z}_n$. On représente souvent le tore par son **Domaine Fondamental**, entouré de l'extension, qu'on nomme la **Matrice**.*

Définition 1.1.0.3 (couloirs et lignes) *Soient $\bar{x} \in \mathbb{Z}_p$ et $\bar{y} \in \mathbb{Z}_n$. Les sections $x := \bar{x} \oplus \mathbb{Z}_n$ et $y := \mathbb{Z}_p \oplus \bar{y}$ sont appelées **ligne x** et **couloir y**. On note aussi $\mathbf{R}$, $\mathbf{N}$, $\mathbf{B}$ les bords respectivement non-orienté, orienté négativement, et orienté positivement de la Matrice.*

Nous avons la suite exacte suivante qui caractérise la *Matrice* et le *Domaine Fondamental* :

$$0 \to \mathbb{Z}_p \oplus \mathbb{Z}_n \overset{j}{\rightarrowtail} \boxed{\mathbb{Z}_p \oplus \mathbb{Z}_n} \overset{\pi}{\twoheadrightarrow} \boxed{\phantom{\mathbb{Z}_p \oplus \mathbb{Z}_n}} \to 0.$$

La projection π : $\boxed{\mathbb{Z}_p \oplus \mathbb{Z}_n} \twoheadrightarrow \boxed{\phantom{\mathbb{Z}_p \oplus \mathbb{Z}_n}}$ est définie par :

$\pi(\bar{x} \oplus \mathbb{Z}_n) = \mathbf{R}$ pour toute ligne x
$\pi(\mathbb{Z}_p \oplus \bar{y}) = \{\mathbf{N}, \mathbf{B}\}$ pour tout couloir y

Dans toute la suite, on supposera le Domaine Fondamental de dimensions finies $p \times n$, La Matrice sera donc de dimensions $(p+2) \times (n+2)$. Les 2 classes de nodules orientés seront de cardinal n, et la classe de nodules non-orientables de cardinal $2p$. Au départ tous les nodules sont plongés canoniquement dans la Matrice par la projection π.

> Le plateau de jeu est composé du **Domaine Fondamental** (□), entouré de la **Matrice** (■). Les bords verticaux de la Matrice sont notés $\mathbf{R}$, et les bords horizontaux, $\mathbf{B}$ et $\mathbf{N}$: $\mathbf{B}$ est le "camp" des b-nodules, et $\mathbf{N}$ le "camp" des n-nodules. Le Domaine Fondamental, au centre, est *torique*, ce qui signifie qu'un nodule ou un œuf peut passer de la ligne $p-1$ à la ligne 0 (et réciproquement) ou du couloir $n-1$ au couloir 0 (et réciproquement) s'il effectue un déplacement valide (voir plus loin). Attention, **seul le Domaine Fondamental est torique**. Tant qu'un nodule est dans la Matrice, il ne bénéficie pas de cette aisance de déplacement.

	$\mathbf{R}$	0	1	…	…	…	$n-2$	$n-1$	$\mathbf{R}$
$\mathbf{B}$	■	■	■	…	…	■	■	■	■
0	■	□	□	…	…	□	□	□	■
1	■	□	□	…	…	□	□	□	■
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
$p-2$	■	□	□	…	…	□	□	□	■
$p-1$	■	□	□	…	…	□	□	□	■
$\mathbf{N}$	■	■	■	…	…	■	■	■	■

Propostion 1.1.0.1 *Les couloirs et les lignes sont naturellement munis d'une structure d'anneau.*

En effet ils sont isomorphes respectivement à $\mathbb{Z}_p$ et $\mathbb{Z}_n$. (Remarquer qu'intuitivement toute section latérale ou longitudinale d'un tore est un cylindre, i.e. un anneau s'il n'est pas trop large).

Propostion 1.1.0.2 (inégalité rectangulaire) *Le (n,p)-Terminus n'existe que pour les dimensions n et p vérifiant l'inegalité :*

$$(n-2)(p-2) \geqslant 4$$

Pour que tous les nodules puissent être présents sur le Domaine Fondamental, il faut que

$$np \geqslant 2(n+p), \quad \text{i.e.} \quad np - 2(n+p) = (n-2)(p-2) - 4 \geqslant 0.$$

Remarque 1.1.0.1 *En cas d'égalité, on dit que le (N,P)-*Terminus *est NP-complet. D'après l'inégalité rectangulaire, N est différent de 1, ce qui prouve que $NP \neq P$.*

En théorie, le Terminus existe en toutes dimensions finies non négatives (H. Seldon a même proposé à l'époque des espaces fractals et hyperboliques [2], le problème de consistance dans ces espaces est toujours ouvert et donne lieu à de nombreuses recherches combinatoires), mais Grodonnartz et al. [3] ont montré qu'il n'existait qu'un nombre fini de dimensions qui permettaient un mouvement interessant des nodules. Là encore, l'optimisation du Domaine Fondamental est un problème toujours non résolu à l'heure actuelle.

Nous illustrons le jeu pour les dimensions 3×8, qui sont les dimensions communément adoptées aujourd'hui – sans doute pour des raisons historiques – et qui offrent de bonnes possibilités de mouvement (Noter que, d'après l'inégalité rectangulaire, 3 est la valeur minimale que peut prendre p, et que si $p = 3$, n doit au moins être égal à 6).

Il existe ainsi 3 types de pièces : **8 nodules blancs** ($\circ$), **8 nodules noirs** ($\bullet$), et **6 œufs rouges** ($\odot$). Par défaut, tous les nodules sont polymétalliques : ils le sont dès le début de la partie, et le restent jusqu'au terminus. Nous avons représenté ici le plateau, avec la configuration initiale des nodules et des œufs :

	R	0	1	2	3	4	5	6	7	**R**
B	$\blacksquare$	$\circ$	$\circ$	$\circ$	$\circ$	$\circ$	$\circ$	$\circ$	$\circ$	$\blacksquare$
0	$\odot$	$\square$	$\square$	$\square$	$\square$	$\square$	$\square$	$\square$	$\square$	$\odot$
1	$\odot$	$\square$	$\square$	$\square$	$\square$	$\square$	$\square$	$\square$	$\square$	$\odot$
2	$\odot$	$\square$	$\square$	$\square$	$\square$	$\square$	$\square$	$\square$	$\square$	$\odot$
N	$\blacksquare$	$\bullet$	$\bullet$	$\bullet$	$\bullet$	$\bullet$	$\bullet$	$\bullet$	$\bullet$	$\blacksquare$

Définition 1.1.0.4 *On dit que les b-nodules (resp. les n-nodules) "gagnent" lorsque tous les b-nodules (resp. les n-nodules) sont présents sur le Domaine Fondamental. On dit qu'ils "perdent" dans le cas contraire.*

Pour gagner il faut mettre tous ses nodules sur le Domaine Fondamental ; lorsque 7 nodules sont déjà sur le Domaine, et que le dernier peut entrer en un coup, le joueur énonce "terminus", et on dit que l'adversaire est en "phase terminale".

1.2 Kernel

1.2.1 Propriétés Universelles

Axiome 1.2.1.1 (Unicité de l'orientation) *Un nodule ne peut pas être sur un bord d'orientation différente à la sienne.*

> A tout moment du jeu, la ligne $\mathbf{B}$ ne peut contenir que des b-nodules, la ligne $\mathbf{N}$ des n-nodules, et les couloirs $\mathbf{R}$ des œufs.

Axiome 1.2.1.2 (Deplacements) *Il existe deux types de déplacements : la* ***translation régulière (ρ)*** *et la* ***translation singulière (σ)****. Le déplacement des nodules s'effectue exclusivement selon les lignes et couloirs ; ils sont libres de type fini, non transitifs.*

> Il ne sera fait usage d'aucun moyen coercitif pour inciter les joueurs, qui jouent chacun leur tour ; sachant que l'adversaire **ne peut pas toucher la pièce qui vient d'être bougée**.
>
> Les œufs peuvent être déplacés par les deux joueurs, mais les b-nodules ne peuvent être déplacés que par le b-joueur, et les n-nodules par le n-joueur.
>
> A chaque tour, le joueur peut déplacer soit un œuf, soit un nodule (de sa couleur), en réalisant un déplacement autorisé, c'est à dire :
>
> – faire naître un de ses nodules par **Transformation Naturelle** (axiome 1.2.3.1)
> – ρ-**translater** un de ses nodules ou un œuf (axiome 1.2.2.1)
> – σ-**translater** un de ses nodules ou un œuf (axiome 1.2.2.2)
>
> En déplaçant un œuf, il peut éventuellement réaliser un **Transvection** (axiome 1.2.3.2)

Propostion 1.2.1.1 *La Matrice est une base.*

Trivial.

> La Matrice est manifestement génératrice, mais remarquons aussi qu'elle est libre puisqu'on peut déplacer le plateau de jeu à l'envi où bon nous semble, si possible dans un endroit passant, mais bien fréquenté.

1.2.2 Lois de Composition Interne : la Translation et la Factorisation

Axiome 1.2.2.1 (translation régulière) *La ρ-translation est un déplacement libre hors obstruction.*

Lors d'une translation régulière (ou ρ-translation), on peut bouger un nodule ou un œuf selon les lignes et couloirs **d'un nombre de cases arbitrairement grand**, tant qu'on ne rencontre pas d'autre pièce. Dans l'illustration, les cases accessibles au b-nodule sont indiquées par une étoile $\star$ (ne pas oublier que le Domaine Fondamental est torique). Dans tous les exemples qui vont suivre, nous nous placerons du point de vue du b-joueur.

■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	□	⋆	□	□	□	□	□	□	■
■	⋆	○	⋆	⊙	□	□	⊙	⋆	■
■	□	⋆	□	□	□	□	□	□	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Dans la même configuration, voici les endroits accessibles à l'œuf de gauche :

■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	□	□	□	⋆	□	□	□	□	■
■	□	○	⋆	⊙	⋆	⋆	⊙	□	■
■	□	□	□	⋆	□	□	□	□	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Et les endroits accessibles à l'œuf de droite :

■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	□	□	□	□	□	□	⋆	□	■
■	⋆	○	□	⊙	⋆	⋆	⊙	⋆	■
■	□	□	□	□	□	□	⋆	□	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

La ρ-translation est valable aussi dans la Matrice. Les cases accessibles au b-nodule du milieu sont indiquées par une $\star$.

■	■	○	⋆	⋆	○	⋆	○	■	■
■	□	□	□	□	□	□	□	□	■
■	□	□	□	□	□	□	□	□	■
■	□	□	□	□	□	□	□	□	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Axiome 1.2.2.2 (translation singulière) *La σ-translation est une convolution uninodulaire anti-orientée (les nodules orientés commutent uniquement aux nodules non-orientés, et récip.).*

Lors d'une translation singulière (ou σ-translation), un nodule peut sauter sur un **unique** œuf, ou un œuf sur un **unique** nodule ; mais **un nodule ne peut pas sauter sur un nodule**, et **un œuf ne peut pas sauter sur un œuf**. Le nombre de cases parcourues est arbitrairement grand.
En reprenant l'exemple précédent, voici cette fois les endroits accessibles au b-nodule par translation singulière :

■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	□	□	□	□	□	□	□	□	■
■	□	○	□	⊙	⋆	⋆	⊙	□	■
■	□	□	□	□	□	□	□	□	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Voici pour l'œuf de gauche :

■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	□	□	□	□	□	□	□	□	■
■	⋆	○	□	⊙	□	□	⊙	⋆	■
■	□	□	□	□	□	□	□	□	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Et pour l'œuf de droite (il n'a pas sauté sur l'œuf, mais sur le b-nodule par toricité) :

■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	□	□	□	□	□	□	□	□	■
■	□	○	⋆	⊙	□	□	⊙	□	■
■	□	□	□	□	□	□	□	□	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Attention, dans ce deuxième exemple, des obstructions empêchent certaines σ-translations du b-nodule :

■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	⋆	⊙	□	⊙	•	□	○	⊙	■
■	□	□	□	□	□	□	⊙	□	■
■	□	□	□	□	□	□	⋆	□	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Définition 1.2.2.1 (factorisation) *Un nodule orienté est dit factorisé s'il est encadré dans son couloir par deux nodules non-orientables. On dit aussi qu'il est fécondé.*

Le Domaine Fondamental étant torique, il y a trois configurations de **factorisation** (ou de **"fécondation"**) : il suffit d'aligner deux œufs avec un nodule.

…	■	■	■	…	■	■	■	…	■	■	■	…
…	□	⊙	□	…	□	⊙	□	…	□	•	□	…
…	□	•	□	…	□	⊙	□	…	□	⊙	□	…
…	□	⊙	□	…	□	•	□	…	□	⊙	□	…
…	■	■	■	…	■	■	■	…	■	■	■	…

La factorisation sert à la transvection (axiome 1.2.3.2).

1.2.3 Lois de Composition Externe : la Transvection et la Transformation Naturelle

Axiome 1.2.3.1 (Transformation Naturelle) *Un nodule orientable passe de la Matrice au Domaine Fondamental par transformation naturelle, si un nodule non-orientable est présent sur le couloir. On dit alors qu'un nodule est né.*

Un b-nodule ne peut **naître** que s'il y a un œuf dans son couloir. Il naît alors par translation ρ ou σ. Attention le Domaine Fondamental est torique, mais la Matrice ne l'est pas ; à gauche, dans tous les cas, le b-nodule peut naître (en position $\star$), à droite, il ne peut pas (Pour représenter les différents cas, nous avons volontairement dilaté le plateau de jeu) :

$$
\begin{array}{cccccccccccccccccc}
\blacksquare & \blacksquare & \ldots & \circ & \circ & \circ & \circ & \circ & \circ & \circ & \circ & \ldots & \circ & \circ & \circ & \circ & \ldots & \blacksquare & \blacksquare \\
\blacksquare & \square & \ldots & \odot & \star & \star & \star & \odot & \star & \star & \odot & \ldots & \odot & \odot & \bullet & \bullet & \ldots & \square & \blacksquare \\
\blacksquare & \square & \ldots & \star & \odot & \star & \odot & \star & \bullet & \odot & \star & \ldots & \odot & \bullet & \square & \odot & \ldots & \square & \blacksquare \\
\blacksquare & \square & \ldots & \star & \star & \odot & \odot & \odot & \odot & \bullet & \bullet & \ldots & \square & \square & \odot & \square & \ldots & \square & \blacksquare \\
\blacksquare & \blacksquare & \ldots & \blacksquare & \blacksquare & \blacksquare & \blacksquare & \blacksquare & \blacksquare & \blacksquare & \blacksquare & \ldots & \blacksquare & \blacksquare & \blacksquare & \blacksquare & \ldots & \blacksquare & \blacksquare
\end{array}
$$

Axiome 1.2.3.2 (Transvection) *Un nodule factorisé peut être tranvecté à la Matrice par projection canonique. On dit communément qu'il meurt.*

Si le b-joueur **féconde** un n-nodule en bougeant un œuf, il peut **transvecter** le n-nodule à la Matrice si la case est libre ; s'il a de plus un b-nodule sur le couloir concerné, celui-ci prend la place du n-nodule qui vient de mourir.

[$\bullet$ meurt, $\circ$ naît]

$$
\begin{array}{ccccc}
\blacksquare & \blacksquare & \circ & \blacksquare & \ldots \\
\blacksquare & \square & \odot & \square & \ldots \\
\blacksquare & \square & \odot & \square & \ldots \\
\blacksquare & \square & \bullet & \square & \ldots \\
\blacksquare & \blacksquare & \blacksquare & \blacksquare & \ldots
\end{array}
\quad \rightarrow \quad
\begin{array}{ccccc}
\blacksquare & \blacksquare & \blacksquare & \blacksquare & \ldots \\
\blacksquare & \square & \odot & \square & \ldots \\
\blacksquare & \square & \odot & \square & \ldots \\
\blacksquare & \square & \circ & \square & \ldots \\
\blacksquare & \blacksquare & \bullet & \blacksquare & \ldots
\end{array}
$$

[$\bullet$ meurt] (Rq : ici le n-nodule peut renaître au coup suivant).

$$
\begin{array}{ccccc}
\blacksquare & \blacksquare & \blacksquare & \blacksquare & \ldots \\
\blacksquare & \square & \odot & \square & \ldots \\
\blacksquare & \square & \bullet & \square & \ldots \\
\blacksquare & \square & \odot & \square & \ldots \\
\blacksquare & \blacksquare & \blacksquare & \blacksquare & \ldots
\end{array}
\quad \rightarrow \quad
\begin{array}{ccccc}
\blacksquare & \blacksquare & \blacksquare & \blacksquare & \ldots \\
\blacksquare & \square & \odot & \square & \ldots \\
\blacksquare & \square & \square & \square & \ldots \\
\blacksquare & \square & \odot & \square & \ldots \\
\blacksquare & \blacksquare & \bullet & \blacksquare & \ldots
\end{array}
$$

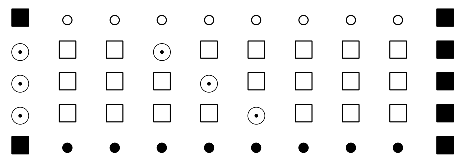
[rien ne se passe]

$$
\begin{array}{ccccc}
\blacksquare & \blacksquare & \circ & \blacksquare & \ldots \\
\blacksquare & \square & \odot & \square & \ldots \\
\blacksquare & \square & \bullet & \square & \ldots \\
\blacksquare & \square & \odot & \square & \ldots \\
\blacksquare & \blacksquare & \bullet & \blacksquare & \ldots
\end{array}
\quad \rightarrow \quad
\begin{array}{ccccc}
\blacksquare & \blacksquare & \circ & \blacksquare & \ldots \\
\blacksquare & \square & \odot & \square & \ldots \\
\blacksquare & \square & \bullet & \square & \ldots \\
\blacksquare & \square & \odot & \square & \ldots \\
\blacksquare & \blacksquare & \bullet & \blacksquare & \ldots
\end{array}
$$

2 Ouvertures et stratégies classiques

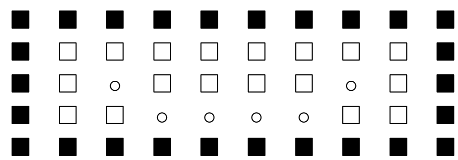
- L'ouverture des dominos [4] :

Si le b-joueur entre un nodule, il est transvecté par le n-joueur au coup suivant.



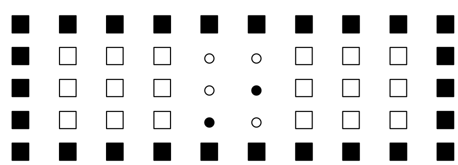
- la stratégie du panier [5] :

Le b-joueur bloque le n-joueur en mettant ses nodules au "fond du panier", c'est à dire sur la ligne de fond :



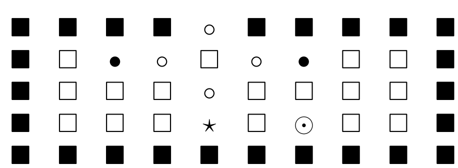
- La technique du castor [6] :

Il s'agit de rompre la symétrie du tore en formant un "mur" qui empêche les œufs de passer.



- la stratégie terminale du triangle [6] :

C'est aux b-nodules de jouer : le b-joueur gagne (en deux coups) en déplaçant l'œuf sur la position $\star$. Quelle que soit la position des autres œufs, le n-joueur en phase terminale ne peut rien empêcher.



3 Une remarque importante

Le *jeu de* Terminus se joue dans un lieu public. Le kernel constitue un noyau axiomatique minimal qu'il est interdit de transgresser. Dans une deuxième phase de jeu les adversaires peuvent créer de nouveaux axiomes si ceux-ci sont consistants avec le kernel ; dans ce cas, la foule environnante est prise à parti pour la ratification du nouvel axiome : Un jury spécial est alors provisoirement constitué, qui prouvera en particulier que l'axiome n'est pas un théorème du kernel, et qu'il est non-contradictoire.

4 Exercices

1. Jouer au *jeu de* Terminus dans un lieu aéré. On préférera un endroit mouvementé, les passants pouvant intervenir lors de la création de nouveaux axiomes.

2. Après avoir longuement joué, construire un *jeu de* Terminus. (Indication : on peut éventuellement construire le jeu avant d'y jouer). Construire ensuite un Terminus "de luxe" en bois ou en revêtement universel [7], puis un Terminus "de voyage" avec des pièces magnétisées ; à cet effet on choisira correctement les métaux des nodules.

3. Dénombrer toutes les configurations possibles. On pourra utiliser une machine de Turing. Indication : montrer que pour N et P vérifiant l'inégalité rectangulaire, il y a exactement $\sum_{\substack{0\leqslant n,b\leqslant N\\ 0\leqslant r\leqslant P}} \binom{NP}{n}\binom{NP-n}{b}\binom{NP-n-b}{r}$ conformations, ce qui fait 15.924.276.526.383 pour $P = 3$ et $N = 8$.

4. Le Domaine Fondamental est dans une configuration telle qu'aucun nodule positif n'est factorisable. On suppose de plus que tous les nodules non-orientables sont sur le Domaine Fondamental. Montrer dans ce cas qu'on peut faire naître au moins un nodule négatif.

Références

[1] Ociv M. Réalisation pratique d'un jeu d'echec polymétallique. *Chess Research*, 7(3) :87–91, 2001.

[2] Seldon H. *Espaces nodulaires fractals et hyperboliques*, pages 7899–7923. Encyclopædia Galacticæ Trantor Inc., Ante F. 234.

[3] Grodonnartz ℕ. and al. Théorie des nodules plats sur un anneau de type fini. *Der Grune Punkt*, 64(4) :3544–3572, 1977.

[4] Hardin S. pages 68461–68534. Encyclopædia Galacticæ Trantor Inc., Post F. 12457.

[5] Pierbeq. *Des nodules et des œufs*, chapter 8 : "An analysis of the general cx-nodulus problem", pages 237–252. Addison-Wesley, 1937.

[6] Vadet R.S. Les techniques du castor et du triangle. *VDN*, 45(1) :514–516, 2001.

[7] Haar Q. and Trojack A. Déformations des revêtements sauvagement ramifiés. *E.&N. proceedings*, 141(1) :195–238, 1999.