Les choses se passèrent ensuite relativement simplement. Ce « virage à la bouée » que constituait le changement de trajectoire, en passant à proximité de l’étoile à neutrons s’effectua en douceur et la supergéante, cessa de se présenter comme un danger pour la nef. Fowler calcula les paramètres avec son micro-ordinateur, sur la base des calculs fournis par Bourbakof. On passa suffisamment près de l’objet pour obtenir le changement de trajectoire désiré, mais pas trop pour éviter que la nef ne subisse un effet de marée qui pourrait endommager sa structure.

L’effet de marée avait déjà été décrit par Picard. Il suffisait de se tenir largement en dehors de la « sphère de Roche[[1]](#footnote-1) ».

La situation étant maîtrisée il resta à faire le point. Boissinière et Picard montèrent « sur la passerelle » en observant cette nouvelle voûte céleste. Fowler monta ensuite pour les rejoindre.

Picard fut le premier à réagir :

* Bon, je reconnais certaines formations stellaires quand leurs composants sont situés à des distances suffisantes. Mais le déplacement que nous avons opéré dans la galaxie a modifié la disposition des étoiles proches sur le fond du ciel.
* Si vous pouvez, ajouta Fowler, me fournir les coordonnées angulaires de ces étoiles, leur déclinaison et leur ascension droite, du moins de quelques unes d’entre elles, les plus proches, je pourrai me servir de ces données pour calculer notre position.

Boissinière appuya sur une touche et l’écran sphérique se peupla immédiatement d’un système de courbes méridiennes et parallèles.

* Maintenant, Picard, désignez moi quelques étoiles proches. Servez vous le la track ball.

Piccard déplaça le curseur sur la voûte céleste

* Alpha du Centaure est là. Il me semble qu’ici nous avons Ross 248 et Wolf 359. Là bas ça doit être l’étoile de Barnard.
* Fowler, dites-moi comment nous devrons procéder pour en déduire notre position ?
* Vous avez une entrée USB dans l’ordinateur de Bord ?
* Oui, ici.

Fowler pianota quelques instants sur le clavier de commande.

* Là, vous avez la carte du ciel avant que la nef n’opère ce saut. Maintenant je superpose ce qu’on observe maintenant. J’indique par un segment rouge, bien visible, les déplacements des différentes étoiles sur le fond du ciel. Pour es étoiles lointaines, c’est insignifiant.
* Mais comment allons-nous évaluer notre position ?
* C’est simple. On part de la distribution 3D des étoiles. La carte du ciel classique se déduit en choisissant la Terre, c’est à dire le système solaire, comme point d’observation. Mais mon logiciel permet de reconstruire cette « carte du ciel » avec un point d’observation quelconque, à condition de donner ses coordonnées. Avec mon joystick 3D je peux entrer manuellement ces coordonnées.
* D’où sortez-vous ce joystick 3D ?
* D’un gadget allant avec un jeu vidéo. Regardez, je me déplace et je me débrouille pour raccourcir ces segments rouges. Quand ceux-ci auront été amenés à zéro alors cette carte du ciel correspondra à ce qu’on voit de ce point ( x , y z ). Voyez… là, c’est bon. Ce sont les classiques coordonnées galactiques.
* Et ça donne quoi ?
* Ce qui nous intéresse c’est a distance parcourue.

Fowler pianota de nouveau sur son clavier.

* En gros un peu plus 5 années lumière.
* Vous voulez dire que pendant ce temps où nous naviguions dans ce champ de méduses rougeâtres nous aurions parcouru l’équivalent de cinq années lumière en distance.
* Ca m’en a tout l’air.
* Ce qui signifierait que nous nous sommes déplacés beaucoup plus vite que celle de la lumière. Vous avez une explication ?
* Ca, il faut le demander à Bourbakof. Pour le moment cela dépasse mes compétences. Tout ce que j’ai pu faire c’est déterminer le chemin parcouru. Comment ? C’est une autre paire de manches.

Boissinière ouvrit les bras.

* Que voulez vous de plus ? Nous sommes tirés d’affaire. Grâce à ce gadget providentiel nous avons échappé à la traversée d’un essaim de météorites qui paraissait bien problématique. Grâce aux calculs de Bourbakof nous avons ensuite échappé à la voracité d’une étoile supergéante. Maintenant, Piccard le confirme, la voie est libre. Il n’y a plus rien de ce genre devant nous sur presque dix années lumière Pour moi, c’est l’essentiel. On va pouvoir dormir tranquille quelque temps, enfin. Je propose qu’on commence par aller déjeuner et, si vous n’y voyez pas d’inconvénient, j’ouvrirai une bouteille de champagne pour marquer ce premier succès de notre entreprise.

Le plus curieux était évidemment Turyshev.

* Nicolas .. vous permettez que je vous appelle Nicolas ?
* Faites.
* Je reviens sur la remarque de Piccard, tout à l’heure. Si on se base sur notre situation actuelle et sur le temps qui s’est écoulé, cela signifierait que nous avons cheminé à une vitesse largement supérieure à celle de la lumière. Or c’est en contradiction avec es lois de la relativité. Comment expliquez-vous cela ?
* Si on reste dans le contexte géométrique de la Relativité Générale il y a effectivement une contradiction.
* Cela voudrait dire qu’Einstein se serait trompé  et qu’on pourrait dépasser cette vitesse limite?
* Ce n’est pas comme ça qu’il faut voir les choses. C’est un problème de pure géométrie.
* Est-ce que cela signifierait qu’il existerait un autre univers, un univers parallèle ?
* Oui et non.
* Comment ça, oui et non ?
* Inversons la proposition. Que signifie « appartenir même univers » ?
* Je ne sais pas. Cela peut vouloir dire … se rencontrer, se voir ?
* C’est une façon assez simple et rationnelle de voir les choses. Ce qui fait partie du même monde, on peut le voir, le toucher. Mais maintenant regardez cette feuille de papier. Nous allons nommer arbitrairement une de ses faces le « recto » et l’autre le « verso ». Maintenant prenez ces crayons de couleur et dessinez un personnage sur le recto avec la couleur rouge et et un autre sur le verso avec la couleur bleue.

Turyshev s’exécuta.

* Regardons maintenant le recto de la feuille. On est bien d’accord que votre personnage rouge habite dans cet espace ?
* Oui, si on considère que cette face constitue un espace.
* Et il ignore l’existence du personnage bleu qui se trouve de l’autre côté.
* Sans aucun doute.
* Je pourrais remplacer les dessins au trait, faits avec les crayons de couleur par des décalcomanies qui pourraient alors glisser librement sur ces supports que constituent ces deux faces de la feuille. Dans ces conditions ces deux personnages pourraient se croiser sans qu’ils aient le moins du monde conscience de l’existence de l’autre, qui se trouve de l’autre côté de la feuille.
* Ca me semble logique.
* Si on reprend cette idée qu’appartenir à des espaces différents c’est être dans l’impossibilité de se rencontrer physiquement et de se percevoir, alors les deux faces de la feuille constituent deux univers différents.
* Mais c’est la même feuille de papier. Je vous suis mais je ne vois pas où vous voulez en venir.
* Qu’est-ce que c’est qu’une surface ? Et combien votre surface a-t-elle de dimensions ?
* Les dimensions d’un espace sont les nombres qu’il faut se donner pour définir la position d’un point de cet espace. A priori c’est deux.
* Bien. Et pourquoi désigne-t-on cet objet en l’appelant « surface » ?
* Parce qu’il est plongé dans un espace tridimensionnel. Et c’est cela qui lui confère cette propriété d’avoir un endroit et un envers. Maintenant pouvez-vous imaginer une hypersurface à trois dimensions, à laquelle on donnerait ce nom parce qu’elle serait plongée dans un espace à quatre dimensions ?
* Ouh là là !!
* Ah, je sais, c’est dur de s’arracher au monde sensible.
* J’ai les fils qui se touchent. Comment faites-vous pour être à l’aise dans ces mondes-là, quel est votre truc ? Ca ne vous fait pas souffrir ?
* Je ne suis pas plus à l’aise que vous. Mes neurones ne sont pas mieux câblés que les vôtres. Mais je ne souffre pas, parce que précisément je ne cherche pas à me créer de représentation mentale de cet objet. Il faut que vous appreniez à renoncer à cet effort de représentation.
* C’est une idée très nouvelle pour moi.
* Cela fait plus d’un siècle que les scientifiques ont cessé de se représenter les choses, dans leur tête. Le point de départ c’est l’espace de la Relativité Restreinte, l’espace de Minkowski.
* Qui est ? ….
* Ce que vous devez comprendre c’est que la vision physique que nous avons du monde se résume toujours à de la géométrie. Si on décide de dire qu’on vit dans un espace de Minkowski, toute la Relativité Restreinte en découle. Et c’est un espace où le carré de l’hypoténuse est égal à la différence des carrés des deux autres côtés. Commençons par envisager un espace temps ( x , t ) à deux dimensions.
* Comment définit-on la géométrie d’un tel espace ?
* Très bonne question. Elle se définit par la façon dont on calcule les longueurs dans un tel espace. Considérons un espace euclidien à deux dimensions X et Y. Si je considère deux points A et B distants, la longueur AB, appelons-là s, est définie par



Je peux aussi envisager un déplacement infinitésimal ( dX , dY ) . J’écrirai alors :



On appelle cette expression *la métrique*.

* Et ça, cela suffit à définir toutes les propriétés géométriques de cet espace là ?
* On construit alors le groupe qui va avec cet espace, son groupe d’isométrie. C’est l’ensemble des transformations qui conservent les longueurs dans cet espace. En l’occurrence les rotations les translations et les symétries.
* Ce groupe se présente comment ?
* C’est un simple groupe de matrices qui opère sur les coordonnées (x,y) des points. J’écris l’élément de ce groupe :



Vous voyez, c’est très commode, avec ce mode d’écriture matricielle on gère es trois types de transformations d’un coup. Par exemple, enlevons la translation et prenons lambda nul.

* Il reste :



Ca c’est une rotation d’angle théta.

* Si vous enlevez la rotation, c’est à dire faites théta nul et choisissez lambda = 1
* J’obtiens la translation :



Mais à quoi sert ce lambda ?

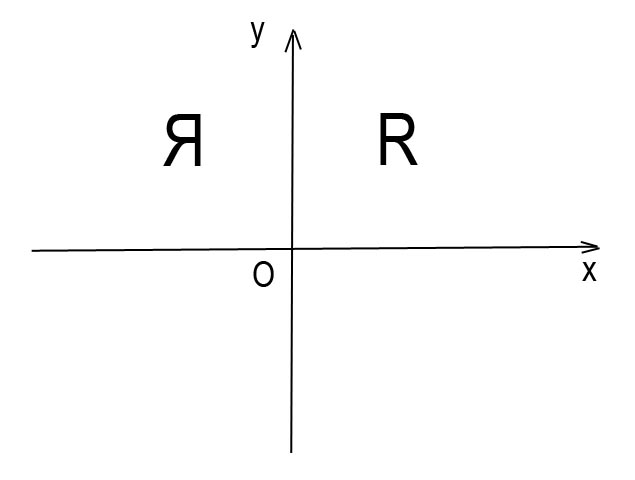
* Il vaut plus ou moins un. Supprimez la rotation et la translation. Avec lambda = 1 vous obtenez l’identité l’élément neutre du groupe :



Puis choisissez lambda égal moins un vous obtenez :



* C’est à dire une symétrie par rapport à OY.
* Et c’est que qui transforme un objet en son image en miroir qu’on appelle aussi *énantiomorphe.*



A ce stade je voudrais faire des remarques. Ce groupe est un ensemble de matrices. Au sein de celui-ci on peut distinguer le sous-ensemble des matrices tells que lambda égale + 1 et le sous-ensemble des matrices telles que lambda égale -1



* Ce sont des sous-groupes.
* Non, seule le premier sous-ensemble est sous-groupe car il contient l’élément neutre, ce qui n’est pas le cas pour le second.
* Je voudrais aussi, en préparant la suite, compacter cette écriture matricielles. On a d’abord un vecteur translation 2D, un vecteur-colonne qu’on va appeler comme ceci :



Ensuite on va définir la matrice carrée de format (2,2), c’est à dire à deux lignes, deux colonnes, que j’écris :



* Cela permet d’écrire la matrice représentant l’élément du groupe :



* Tout à fait. Maintenant si je calcule le déterminant des matrices a je vois qu’il prend les valeurs  . Je dirais que ces matrices a sont des matrices *orthogonales.* Autre remarque : on convient de désigner ces deux sous-ensembles de matrice par le terme de « composantes du groupe ». Ainsi ce groupe d’Euclide 2D a deux composantes. La composante qui contient l’élément neutre sera dite « composante neutre» .
* Enfin, dernière remarque. Ce groupe dépend de trois paramètres, qui sont les trois scalaires  , x et y. On convient d’appeler ce nombre de paramètres qui définissent les éléments d’un groupe par le terme « dimension d’un groupe ».
* Ainsi ce groupe est de dimension trois. Ca a l’ait très simple.
* Bien sûr, ça commence toujours comme ça. Vous avez un formalisme algébrique et matriciel. Avec le la trigonométrie. Vous utilisez des parenthèses, différentes lettres. Mais dans votre for intérieur vous visualisez toujours. Cette géométrie, vous la situez sur un plan avec des axes OX et OY. Translations, symétries, et rotations restent des choses bien parlantes pour vous.
* Cela pour prédire qu’à un moment on va devoir sauter à des choses non représentables à l’aide d’images mentales.
* Vous avez tout compris.

1. Voir page 66 [↑](#footnote-ref-1)