

Cube 2x2x2 : après les blancs (placés en bas)

Notations :

Les figures montrent les résultats de manœuvres appliquées à un cube résolu pour lequel les blancs sont en bas avec les oranges en avant, les rouges en arrière, les verts à gauche et les bleus à droite, mais cette orientation globale du cube n'est pas essentielle et pourra être changée par rotation globale du cube.

Un coin jaune est considéré comme étant à sa place quand ses deux autres couleurs sont aussi celles du coin blanc situé juste au-dessous de lui.

On procède en deux temps pour terminer :

A) Mise en place des coins jaunes (sans se soucier de leur orientation)

B) Orientation des coins jaunes avec face jaune vers le haut

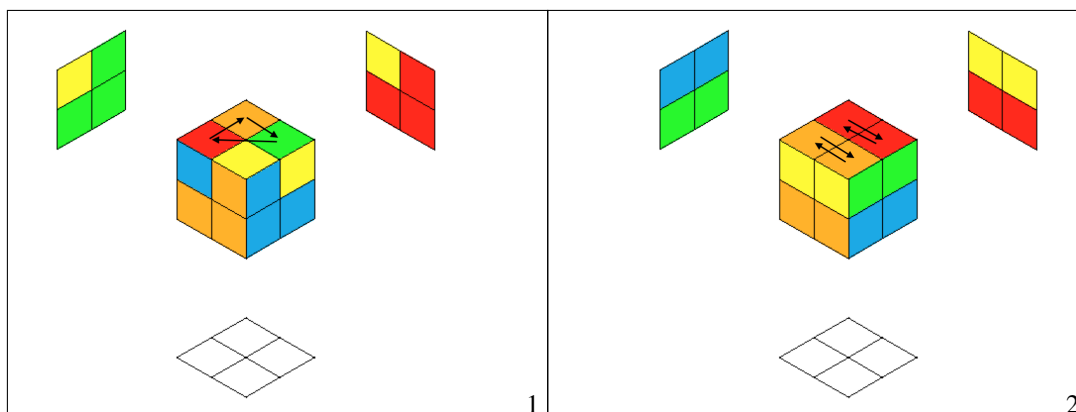
Les manœuvres présentées ci-dessous sous des suites de quarts de tour de faces : chaque quart de tour, dans le sens des aiguilles d'une montre quand on a la face devant soi, est représenté par une lettre (*h* pour la face haute, *b* pour la face basse, *a* pour la face antérieure, *p* pour la face postérieure, *d* pour la face droite, *g* pour la face gauche. Cette lettre est suivie du symbole ' pour indiquer la rotation en sens inverse. Les quarts de tour se succèdent par lecture de gauche à droite. Des espaces ont été introduits pour faciliter la lecture.

A) Mise en place des coins jaunes :

S'ils ne sont pas en place et si on ne peut les mettre en place par 1, 2 ou 3 quarts de tour de la face haute on pourra cependant se ramener de cette façon à l'une des deux situations suivantes : la situation 1 où un et un seul des coins jaunes est à sa place (on peut le ramener en avant droit par rotation globale du cube), la situation 2 où aucun coin jaune n'étant à sa place ils doivent être échangés deux par deux (on peut par rotation globale du cube supposer que deux des coins à échanger sont en avant et les deux autres en arrière). Dans la situation 1 on termine la mise en place en appliquant une ou deux fois la manœuvre 1, dans la situation 2 on termine par la manœuvre 2

1 : $g' h d h' g h d' h'$ (répéter deux fois cette manœuvre équivaut à faire la manœuvre inverse $h d h' g' h d' h' g$)

2 : $a h d h' d' h d h' d' h d h' d' a'$ (la même séquence $h d h' d'$ est ici répétée trois fois)

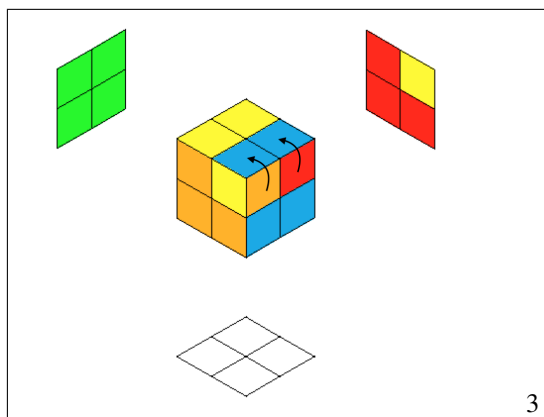


B) Orientation des coins jaunes :

On oriente les faces jaunes des coins vers le haut en utilisant, plusieurs fois éventuellement, la manœuvre 3 suivante et si nécessaire des rotations globales du cube, ces dernières pour positionner en haut à droite deux coins à réorienter

3 : $h d' b d a b a' h' a b' a' d' b' d$

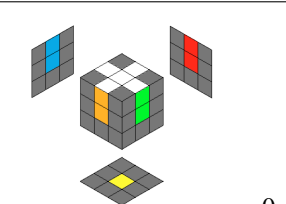
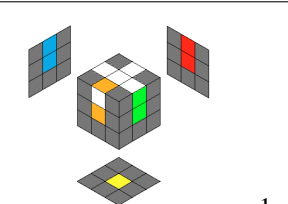
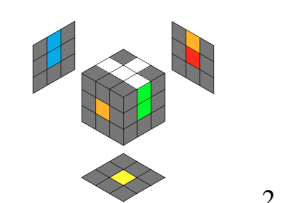
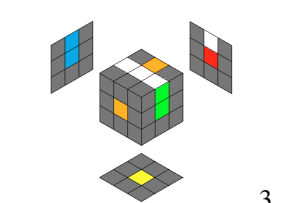
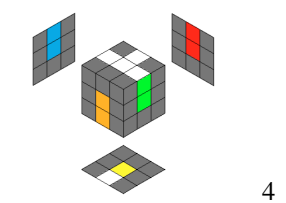
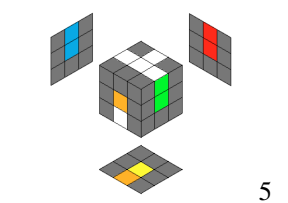
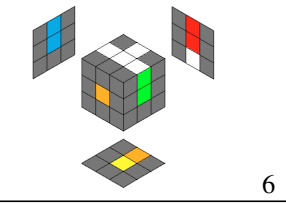
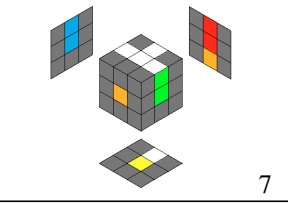
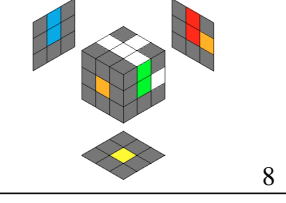
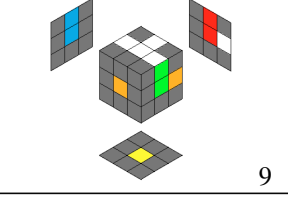
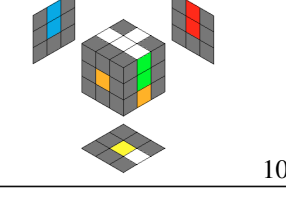
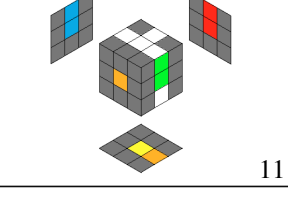
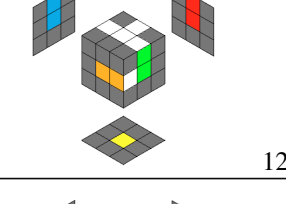
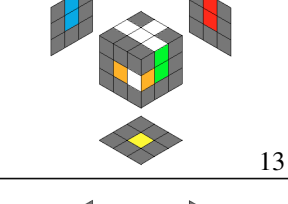
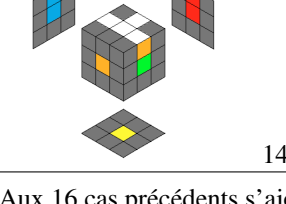
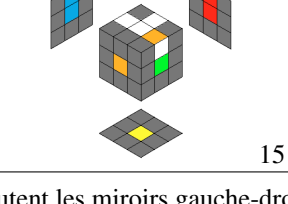
(répéter deux fois cette manœuvre équivaut à faire la manœuvre inverse $d' b d a b a' h a b' a' d' b' d h'$)



C) Pour la mise en place des coins blancs ou pour d'autres idées, voir les manœuvres proposées pour le cube 3x3x3.

Cube 3x3x3 : premier étage (futur rez-de-chaussée) : les angles (la croix blanche)

Manœuvres ramenant à sa place l'angle antérieur (orange-blanc) sans déplacer les autres angles du premier étage.

	
0	1
	
2	3
	
4	5
	
6	7
	
8	9
	
10	11
	
12	13
	
14	15

0 : ε 1 : $h'd'ha'$

2 : $p'h^2ph^2$ 3 : $p'h'd'h$

4 : a^2 5 : $a'h'dh$

6 : $b'da'd'$ 7 : b^2a^2

8 : h^2ph^2 9 : $h'd'h$

10 : $h'd^2hd^2$ 11 : $da'd'$

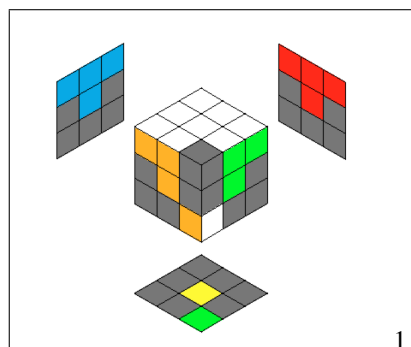
12 : a' 13 : $h'dh$

14 : $dh'd'h$ 15 : $d'a'$

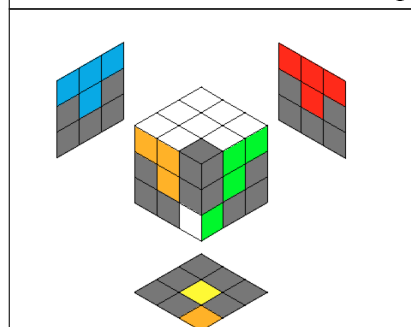
Aux 16 cas précédents s'ajoutent les miroirs gauche-droite (bleu-vert) des 8 derniers cas.

Cube 3x3x3 : premier étage (futur rez-de-chaussée) : les coins

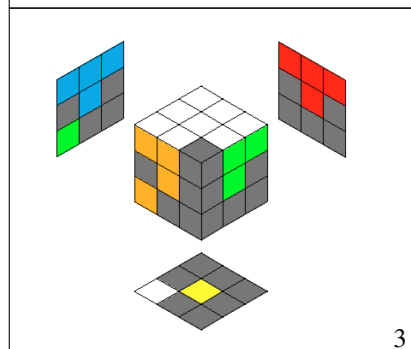
Manœuvre ramenant le coin antérieur-droit (orange-vert) à sa place sans déranger les autres ($[x, y] = xyx'y'$).



1 $[b, a]$

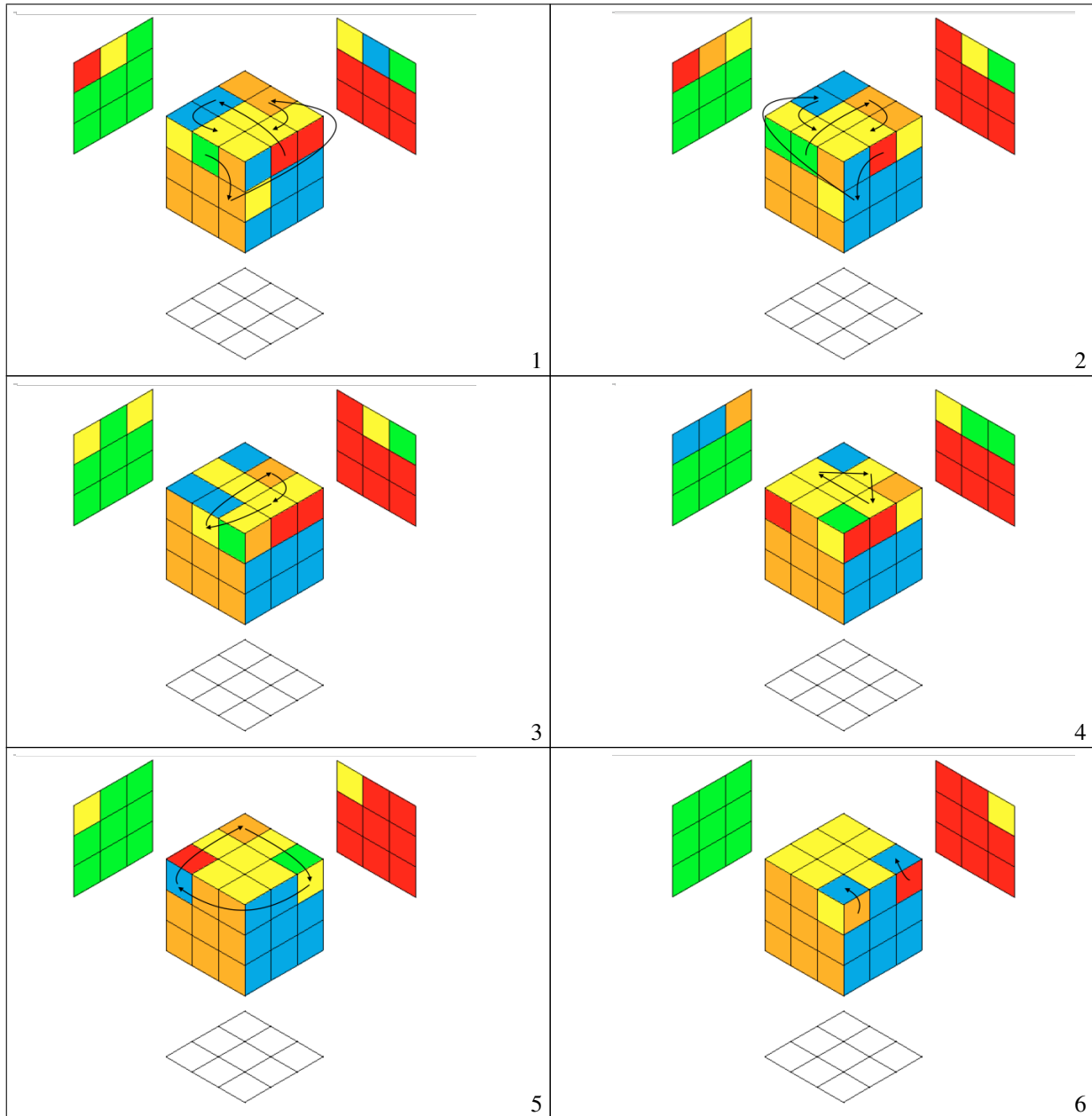


2 $[b', d']$ (miroir antérieur-droite du cas 1)



3 $[b', a][b, a]$ ($[b', a]$ ramène au cas 1)

Cube 3x3x3 : après le rez-de-chaussée



Avec les abréviations $[x, y] = xyx'y'$ et $y^x = x'yx$, et des manœuvres à partir d'un cube intact,

1. Descente d'un élément de la face avant (ici face orange) : $[h, d][h', a']$ (produit de $[h, d]$ par son *miroir* $a-d$ ¹)
2. Descente d'un élément de la face droite (ici face bleue), par manœuvre *miroir* de la précédente : $[h', a'][h, d]$
3. Permutation circulaire de trois angles de l'étage supérieur avec basculement de deux d'entre eux : $[h, d]^{a'}$
4. Permutation circulaire de trois angles de l'étage supérieur : $[h, d']^{h'd'}$
5. Permutation circulaire (avec réorientations) de trois coins de l'étage supérieur : $[g', d^{h'}]$
6. Rotation sur place de deux coins adjacents de la face supérieure² : $[h, d']^{h'd'}[h', g]^{hg}$, ou $[h, b^d b^{a'}]$

Le rez-de-chaussée (ici blanc) étant aménagé, ces manœuvres et leurs inverses combinées aux quarts de tour globaux du cube autour de son axe vertical et aux quarts de tour de la face haute (ici jaune) permettent de reconstituer le cube :

- avec 1 et 2 on fait le premier étage.
- avec 3 et 4 on met en place les angles du second étage (« croix jaune »).
- avec 5 et 6 on met en place les coins du second étage.

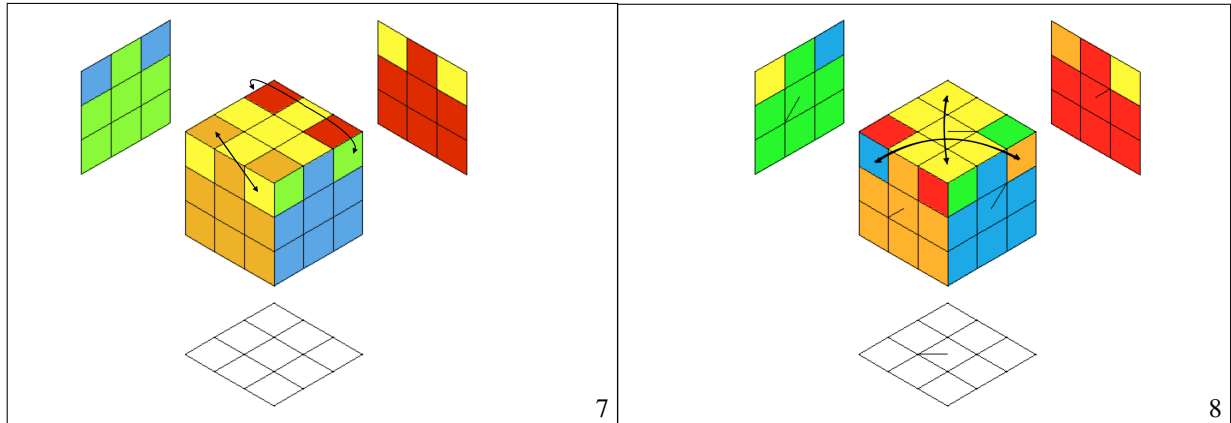
1. l'expression *miroir* $a-d$ s'obtient par échange de *antérieur* et *droite* et déplacement des '

2. la première manœuvre proposée est le produit de la manœuvre de 4. par son *miroir* $d-g$ (échange de *droite* et *gauche* et déplacement des '), la seconde est plus courte (14 quarts de tour au lieu de 16)

Autres manœuvres pour placer les coins du second étage (peuvent remplacer deux recours successifs à 5. avec points fixes différents).

7. Échanges des coins antérieurs et des coins postérieurs : $a[h, d]^3 a'$ (puissance 3 de la manœuvre de 3.)

8. Échange des coins opposés : $dh[h, d']^3 h' d'$ (puissance 3 de la manœuvre de 4.)

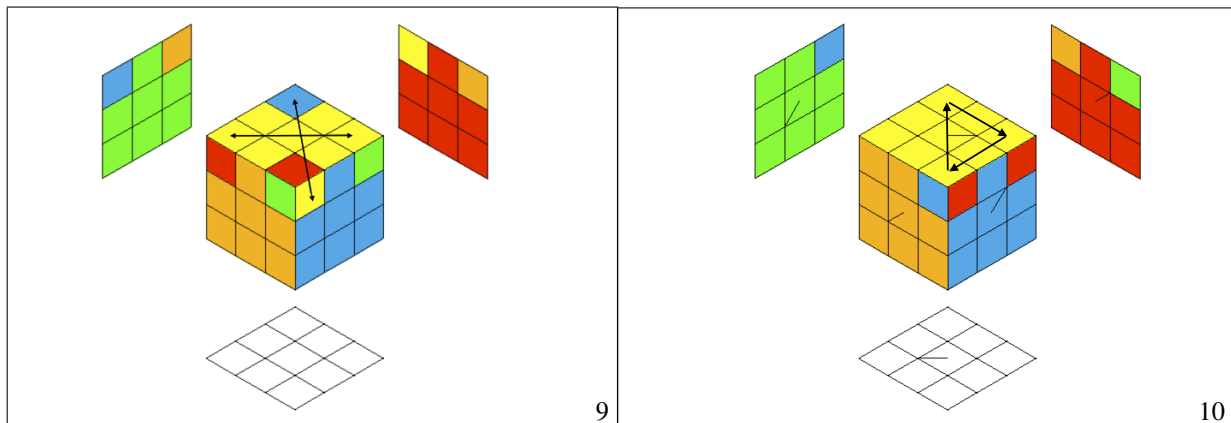


9. Autre façon d'échanger les coins opposés : $ah^2[h', a']^3 h^2 a'$, ou encore $g'h'[h', g]^3 hg$ (miroir $g-d$ de la manœuvre de 8.)

10. Permutation circulaire de trois coins du second étage conservant l'orientation des faces jaunes vers le haut :

$[a^{d'}, pp]^{dd}$, manœuvre qui se simplifie en $d'ad'ppda'd'ppdd$

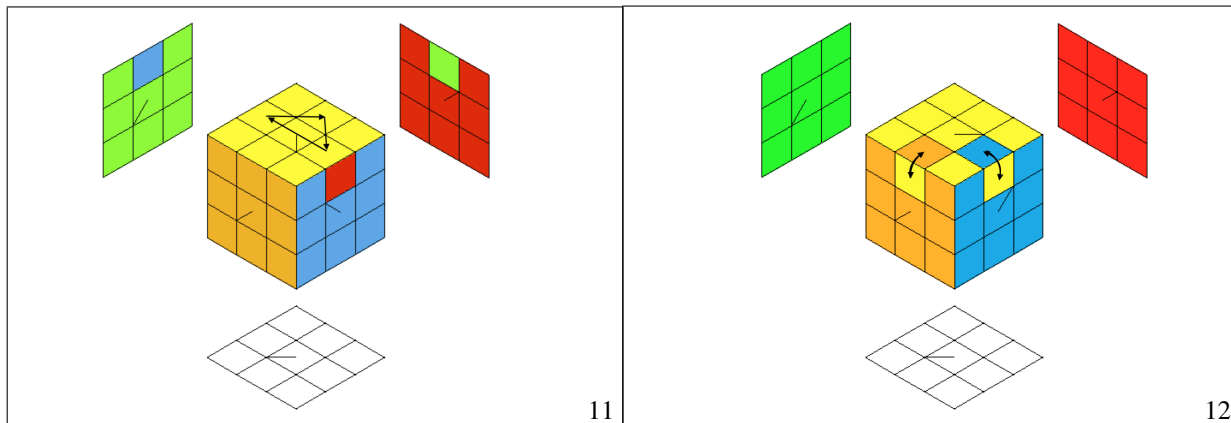
(la manœuvre $[d', h]^{h'd'}$ (inverse de 4.) peut être utilisée pour orienter les faces jaunes des coins vers le haut).



Autres manœuvres pour placer les angles du second étage :

11. Permutation circulaire de trois angles comme en 4. mais sans affecter les coins : $([d, h]d'[h', d']h)^{dd}$, ce qui permet d'utiliser cette manœuvre en dernier. Cette manœuvre est la conjuguée par dd du produit de $[d, h]d'$ par son miroir $d-h$. Elle se simplifie en $d'hd'(h'd')^2(hd)^2d$

12. Basculement de deux angles : $[a, d']gb, d]^{aadd}$ qui se simplifie en $ad'a'd'aagbdb'g'd'aadd$



I. Cube 4x4x4 : regroupement des centres

On attribue à chaque centre un statut : « mal placé » représenté par la valeur 0 ou « bien placé » représenté par la valeur 1, selon que sa couleur est différente de celle de la face qui le contient ou non. Alors le nombre de centres bien placés est égal à la somme des statuts des 24 centres... sauf qu'on ne sait pas vraiment ce que sont les couleurs des faces, à moins de les avoir définies en accord avec les couleurs des coins, en convenant par exemple que dans la position actuelle du cube (ou une autre position pour avoir au départ le plus possible de centres bien placés) la face haute est blanche, la face antérieure orange, et alors en principe la face basse jaune, la face postérieure rouge, la face droite verte et la face gauche bleue, (choix à ne pas perdre de vue ensuite dans les rotations globales du cube : on peut notamment procéder couleur par couleur).

On décrit ci-dessous une manœuvre M changeant le statut d'un centre mal placé C sans dégrader le statut des autres centres. Il n'y a plus ensuite qu'à répéter cette manœuvre sur les centres mal placés jusqu'à ce qu'il n'y en ait plus.

Soit D la face de même couleur que C (destination de C).

2 cas se présentent :

Cas 1 : La face contenant C et la face D sont opposées

$$M = R r m_1$$

où, à effectuer dans l'ordre,

- R est une rotation globale du cube amenant D en haut et C en bas antérieur-gauche (b-ag)
 - r est un quart de tour de la face haute amenant un centre mal placé¹ en antérieur-droit (h-ad)
 - $^2 m_1 = gi' gi' h gi gi$
- (m_1 est un cycle d'ordre 4 sur les centres : b-ag \rightarrow h-pd \rightarrow h-ad \rightarrow b-pg)

Cas 2 : La face contenant C et la face D sont adjacentes :

$$M = R r_1 r_2 m_2$$

où, à effectuer dans l'ordre,

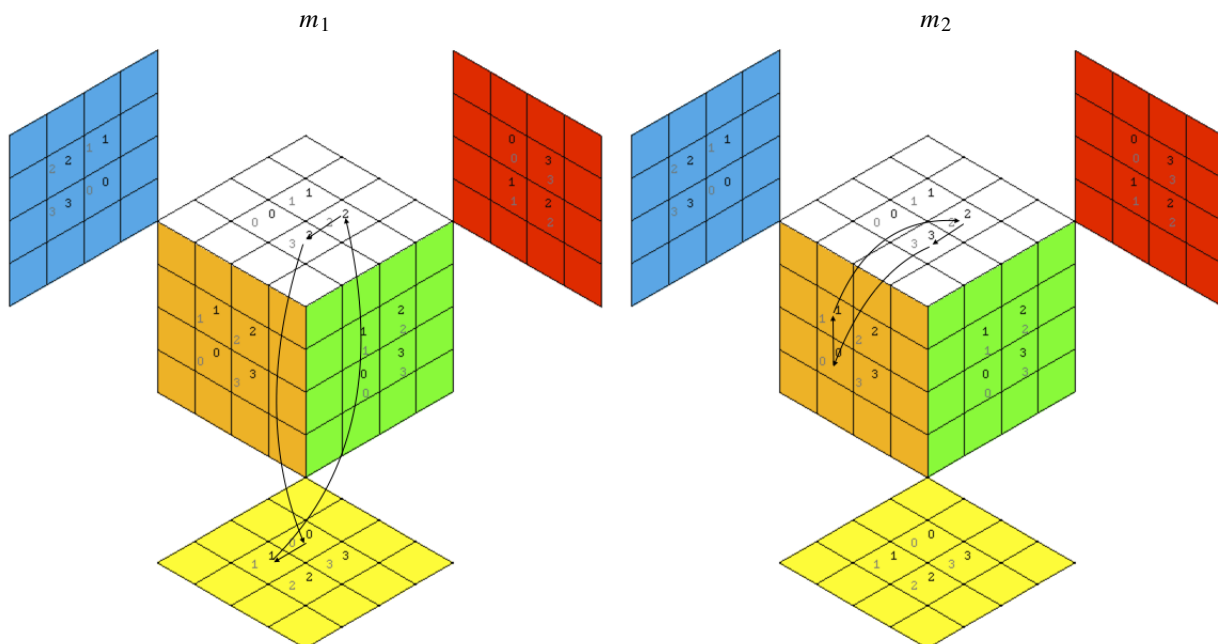
- R est une rotation globale du cube amenant D en haut et C en antérieur (a-*)
 - r_1 est une rotation de la face antérieure amenant C en haut-gauche (a-hg)
 - r_2 est une rotation de la face haute amenant un centre mal placé³ en antérieur-droit (h-ad)
 - $m_2 = gi' h gi$
- (m_2 est un cycle d'ordre 4 sur les centres : a-hg \rightarrow h-pd \rightarrow h-ad \rightarrow a-bg)

Les manœuvres m_1 et m_2 sont dans les deux cas les seules qui modifient les statuts des centres. Et lors des manœuvres m_1 et m_2 l'évolution des statuts des centres aux 24 emplacements centraux actuels se fait comme suit :

	b-ag	h-pd	h-ad	b-pg	autres
$m_1 :$	0	x	0	y	z
	y	1	x	t	z

	a-hg	h-pd	h-ad	a-bg	autres
$m_2 :$	0	x	0	y	z
	y	1	x	t	z

Donc dans les deux cas le nombre de centres bien placés augmente de $1 + t$ c'est-à-dire de 1 ou 2.



1. destiné à la face basse si c'est possible

2. gi est le quart de tour de la face gauche intermédiaire dans le sens horaire et gi' le mouvement inverse, h le quart de tour de la face externe haute dans le sens horaire)

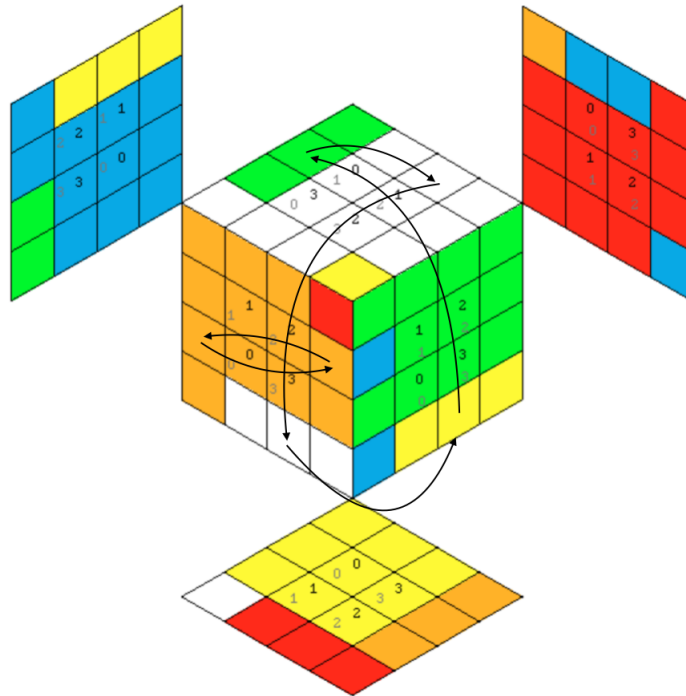
3. destiné à la face antérieure si c'est possible

II. Cube 4x4x4 : assemblage des arêtes

Tant qu'il y a une arête à assembler

- amener une de ses moitiés en position haute de l'arête antérieure gauche par rotation globale du cube.
- amener l'autre moitié en position haute de l'arête antérieure droite (en vis-à-vis) par quarts de tours des faces externes (ceci ne rompt aucune arête assemblée).
- appliquer la manœuvre suivante pour les assembler à gauche (cette manœuvre préserve les assemblages précédents comme le montre ci-dessous le résultat de son action sur un cube intact).

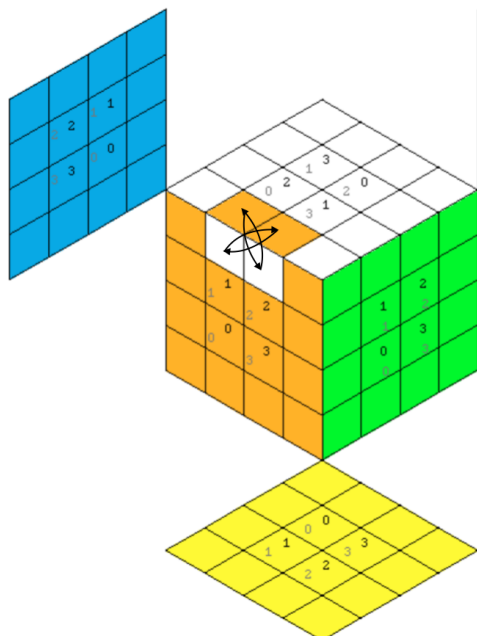
$bi\ d\ a'\ h\ d'\ a\ bi'$



III. Cube 4x4x4 : correction des parités

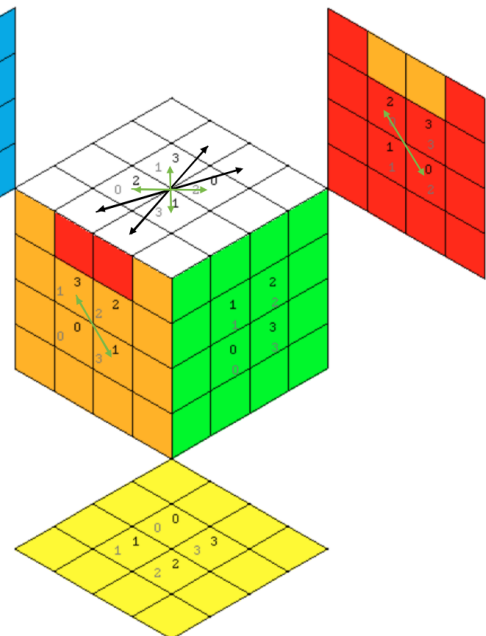
Parité d'orientation « OLL »

$di^2\ p^2\ h^2\ gi\ h^2\ di'\ h^2\ di\ h^2\ a^2\ di\ a^2\ gi'\ p^2\ di^2$



Parité de permutation « PLL »

$di^2\ h^2\ di^2\ hi^2\ h^2\ di^2\ hi^2$



Manœuvres à partir du cube intact