

**Université Joseph Fourier - Grenoble I**

# **THESE**

Présentée par

**Iman Osta**

pour obtenir le titre de Docteur de l'Université Joseph Fourier - Grenoble I  
(arrêté ministériel du 5 juillet 1984)

mathématiques appliquées et informatique  
didactique des mathématiques et de l'informatique

**L'ordinateur comme outil d'aide à l'enseignement  
Une séquence didactique pour l'enseignement du  
repérage dans l'espace à l'aide de logiciels graphiques**

**Volume 2**

soutenue le **19 octobre 1988** devant la commission d'examen :

président : François Robert

examineurs : Nicolas Balacheff  
Madeleine Eberhard  
Colette Laborde  
Charles Payan  
Annie Weill-Fassina

invités : Annie Bessot  
Gérard Bomer

Thèse préparée au sein du Laboratoire Structures Discrètes et Didactique (IMAG)



# **Chapitre VII**

## **Systèmes de référence dans une situation de communication sans ordinateur**

### **I. Préliminaires**

#### **I.1. Objectifs**

La situation-problème exposée dans cette partie, réalisée comme moment final par rapport au processus d'apprentissage organisé (voir § V du chap.I), avait plusieurs objectifs, qu'on peut classer en deux catégories :

- objectifs visés par la situation en elle-même,
- objectifs par rapport à l'ensemble de la séquence

Rappelons que, durant cette situation, chaque binôme d'élèves sera confronté à trois tâches successives :

- La première consiste à produire un message sans dessins, le plus court possible, décrivant un objet matériel, de manière qu'un autre binôme puisse le reconstruire à partir de ce message;
- La deuxième consiste à reconstruire un objet identique à l'objet décrit par un autre binôme, en l'absence de l'objet initial;
- La troisième consiste à évaluer explicitement la pertinence du message décodé en comparant l'objet reconstruit à l'objet initial, ce dernier n'étant donné aux élèves qu'après la phase de reconstruction.

**Objectifs de la situation en soi :**

#### **a) Formulation**

Les problèmes de construction avec l'ordinateur avaient visé l'apprentissage par l'action de modèles et de structures de connaissances concernant le repérage dans l'espace, et la construction ou l'utilisation de différents systèmes de repérage, nous avons trouvé nécessaire d'exposer les élèves à une étape importante de l'activité scientifique : la

formulation de ces modèles de connaissance, de manière qu'ils acquièrent une réalité en eux-mêmes selon la dialectique outil-objet (Douady 1984, 1986), qu'ils soient réutilisables d'une façon consciente et explicite dans des situations appropriées, qu'ils soient communicables à autrui. En effet, "Une bonne reproduction par l'élève d'une activité scientifique exigerait qu'il agisse, qu'il formule, qu'il prouve, qu'il construise des modèles, des langages, des concepts, des théories, qu'il les échange avec d'autres, qu'il reconnaisse celles qui sont conformes à la culture, qu'il lui emprunte celles qui lui sont utiles, etc..." (Brousseau 1986a).

Notons bien que, si nous envisageons de donner à la première tâche un statut de situation de formulation, nous ne considérons en aucun cas qu'elle consistera en une simple association de systèmes de codes ou de symboles aux modèles de connaissance élaborés. Nous emprunterons notre hypothèse de départ à J. Brun (1981) : "la formulation d'une connaissance mathématique n'est pas la simple expression comme allant de soi d'une conceptualisation déjà formée." L'élaboration de langages, de systèmes de représentation formels fait donc partie intégrante de la construction d'une connaissance; cette déclaration a été confirmée par les recherches de C. Laborde dans ce domaine : "le passage à l'écrit n'est pas la simple transposition d'une image intériorisée déjà complètement formée. La mise en mots est une véritable activité conceptuelle, d'autant plus délicate pour les élèves que le maniement de la langue écrite en général, et en mathématiques en particulier, peut leur poser problème. Les obstacles de formulation sont susceptibles de les amener à changer leurs procédures de description, à privilégier d'autres éléments géométriques, d'autres relations..."

Nous essayerons donc d'analyser, dans les procédures de nos binômes, cette interaction étroite et évolutive entre l'élaboration et la restructuration, à partir des modèles d'action déjà acquis, de systèmes de repérage d'une part, et les exigences de la formulation d'une description concise et suffisante, correcte et non-ambiguë d'un objet complexe d'autre part... les choix faits sur la composition des objets concernés favoriseront une évolution dialectique de ces deux dimensions de la tâche.

#### b) Evaluation

Différents processus d'évaluation peuvent être engagés d'une manière plus ou moins explicite le long des trois tâches :

- La première tâche (description de l'objet par les élèves) sera accompagnée d'une évaluation de leurs propres systèmes de codage. Elle est basée, d'une part, sur l'anticipation

de l'action de reconstruction d'après les informations en cours, ce qui jugera si les informations données sont suffisantes, mais aussi si elles sont nécessaires; et d'autre part, sur la possibilité de structuration des informations d'une manière cohérente, concise et non-ambiguë.

- Au cours de la deuxième tâche (reconstruction de l'objet inconnu, d'après le message d'autres élèves), trois processus de validation seront mobilisés, et évolueront en parallèle, d'une manière plus ou moins accentuée :

1) Le processus d'évaluation par un binôme d'élèves de son propre message continuera. Il sera basé sur une confrontation entre deux procédures de description : "Les situations de validation vont mettre en présence deux joueurs qui s'affrontent à propos d'un objet d'étude composé des messages et descriptions que l'élève a produits d'une part, et du milieu a-didactique qui sert de référent à ces messages d'autre part. Les deux joueurs sont alternativement un 'proposant' et un 'opposant' " (Brousseau 1986a). Ce processus dépasse donc la situation actuelle (reconstruction) pour porter sur le message propre produit par le binôme lui-même au cours de la phase précédente (description), par des rétroactions internes correspondant aux difficultés rencontrées pendant la formulation du message, aux failles dont on est conscient dans son propre système de description.

2) Un processus d'évaluation du message d'autrui sera amorcé au cours de cette phase, et évoluera avec l'avancement de l'interprétation des informations données. Il sera explicité à la fin de cette phase par les critiques que les élèves formuleront à propos du message des autres, et par les informations qu'ils ajouteraient pour compléter des informations insuffisantes. L'évaluation du message est contrôlée par l'action et le résultat de la reconstruction. Elle ne pourra pas arriver jusqu'à l'évaluation de l'analogie entre l'objet reconstruit et l'objet initial encore absent; elle se limite aux critères de suffisance et non-contradiction des informations correspondant à la construction d'un composant, et à la vraisemblance du résultat de la reconstruction par rapport au monde d'objets concernés.

3) Un troisième processus d'évaluation aura lieu au cours de cette phase : l'évaluation, par un binôme d'élèves, de leur façon d'interpréter les informations. Il se manifeste par les retours sur des informations, au cours de la lecture du message et de la reconstruction, surtout dans le cas d'informations incomplètes ou contradictoires. Dans ce cas, les élèves mettront en cause : soit le message lui-même, soit leur interprétation de ce message. Il peut même arriver que les élèves débloquent la situation en se donnant des informations qui se basent sur ce qu'ils pensent être les intentions ou les implicites des producteurs du message;

ceci, en étant plus ou moins conscients de la responsabilité qu'ils assument vis-à-vis de la tâche qui leur est confiée et de l'enjeu de la comparaison qui suivra.

- Au cours de la troisième phase, les trois processus analysés plus haut continueront à évoluer et à se manifester de manière plus explicite : le dernier sera poussé plus loin par la présence de l'objet initial, que les élèves pourront comparer avec l'objet qu'ils ont reconstruit. Le critère de l'évaluation ayant dépassé la suffisance et la vraisemblance pour atteindre l'analogie entre deux objets, les élèves pourront décider de la cause d'une anomalie quelconque : le message ou l'interprétation du message ?... Quant aux deux autres processus d'évaluation, ils seront aussi poussés plus loin : D'autres critiques doivent être formulées, d'après la comparaison des deux objets. D'autre part, les élèves doivent proposer un autre système de codage pour décrire l'objet en question; la confrontation entre "proposant" et "opposant" se transforme alors en une confrontation entre deux systèmes formels, qui doit aboutir à un choix et, éventuellement, à l'adhérence au système de l'autre s'il s'avère plus efficace. Cette adoption par les élèves de certaines structures ne sera pas basée, comme dans une situation classique d'enseignement, sur des effets de la relation didactique, comme celui de l'autorité du maître ou du manuel, ou celui de la réception passive, elle sera justifiée par la prise de conscience des besoins de la tâche auxquels répond la structure adoptée, par le sens de la connaissance impliquée, qui a été construit tout le long de l'interaction de l'élève avec ce milieu a-didactique (Brousseau 1986a, 1986b).

### **I.1.2. Objectif par rapport à la séquence : Transfert, adaptation des connaissances**

Un des objectifs de la situation présente est de transférer dans un autre contexte les modèles de connaissance, les concepts construits au cours de la construction des représentations graphiques avec l'ordinateur. Cet objectif peut alors être considéré comme étant aussi un objectif d'évaluation de l'acquisition de ces concepts. En effet, une notion ou un concept est acquis dès lors qu'il peut être réinvesti, c.à.d. qu'il est porteur de signification, qu'il est reconnu et mobilisé par les problèmes auxquels il sert comme élément de solution (Douady 1986).

Nous avons donc voulu aborder les problèmes de repérage, objet de cette recherche, selon le "principe de l'approche multiple : on peut considérer qu'un objet "abstrait" est connu et "assimilé" dès lors qu'il peut être reconnu à travers des situations différentes. L'objet géométrique est caractérisé, d'une part par une (ou plusieurs) représentation, d'autre part par un système d'équivalences où il peut apparaître" (Boule 1979).

Ce principe est d'autant plus important dans notre séquence qu'il s'agit de concepts construits par l'action dans le cadre de l'outil informatique, donc, dans un milieu particulier auquel les modèles de connaissance sous-jacents aux modèles d'action risquent d'être attachés. Une décontextualisation de ces modèles est alors nécessaire; elle sera même accompagnée d'une évolution de ces modèles, au cours de leur transfert et de leur adaptation aux nouvelles conditions, au nouveau milieu.

Le long de notre séquence à l'aide de l'ordinateur, les situations-problèmes visaient à la structuration progressive des espaces tridimensionnels représentés, en fonction des trois directions principales, et à la construction de plusieurs systèmes de référence auxquels peuvent se rapporter ces espaces. En particulier, la séquence de représentation à l'aide de Mac Space avait abouti à la construction du système de référence tridimensionnel régissant ce logiciel. De telles connaissances ont été construites à travers la correspondance qui devait être constamment établie entre : d'une part les relations régissant les composants de la représentation graphique en cours de réalisation, et d'autre part les relations spatiales régissant l'espace de l'objet à représenter. Nous pensons qu'à travers ces relations, les connaissances acquises à propos du système de référence de l'espace du logiciel pourront être réinvesties et adaptées à de nouvelles situations n'impliquant pas ce logiciel. C'est ce transfert du savoir, son détachement de son contexte, et sa transformation en fonction des exigences de la nouvelle tâche que nous visons par la situation présente.

## I.2. Analyse du milieu

Dans les conditions expérimentales de réalisation de la situation présente, nous avons tenu à éviter toute intervention de l'enseignant ou de l'observateur, pour écarter toute intention didactique qui amènerait les élèves à produire telle ou telle réponse, ou à adopter telle ou telle procédure; C'est un milieu a-didactique : "Entre le moment où l'élève accepte le problème comme sien et celui où il produit sa réponse, le maître se refuse à intervenir comme possesseur des connaissances qu'il veut voir apparaître. L'élève sait bien que le problème a été choisi pour lui faire acquérir une connaissance nouvelle mais il doit savoir aussi que cette connaissance est entièrement justifiée par la logique interne de la situation et qu'il peut la construire sans faire appel à des raisons didactiques." (Brousseau 1986a)

Par les facteurs qui y sont présents, et en vue de la réalisation des objectifs (surtout le dernier) définis dans § I.1, la situation présente est marquée par un changement de cadre (Douady 1984)

### **I.2.1. Changement de cadre :**

#### **a) du micro-monde de l'ordinateur au micro-espace :**

Cette composante du changement a déjà été évoquée au cours de l'analyse des variables de la séquence (§ IV.3 du chap.I). Rappelons ici que l'ordinateur impose des contraintes et des systèmes de représentation gérés par des règles précises; les objets sur lesquels les élèves exercent leur action sont des représentations symboliques d'objets, pour lesquels les points de vue sont fixés dès lors que la représentation graphique est donnée. Une des caractéristiques importantes de l'ordinateur comme élément du milieu au cours de la situation-problème précédente est l'existence d'un système de repérage par lequel les objets géométriques sont gérés. Ce système fonctionne comme une contrainte que les élèves doivent détecter, dont ils doivent découvrir le fonctionnement et à laquelle ils doivent s'adapter. Le micro-espace offre, au contraire, des possibilités de manipulation, d'appréhension d'emblée des objets concernés. "Les déplacements, du sujet et de l'objet (rotations et translations surtout) sont si faciles et si précis qu'ils ne requièrent aucune conceptualisation" (Brousseau 1984); l'objet est connu en soi, les changements de points de vue sont gratuits.

Ces possibilités seront, par contre, limitées et contraintes par les exigences de la tâche de description de l'objet, dont la complexité impose le choix de systèmes de référence, l'organisation et la structuration des informations selon les besoins de communication et la finalité de la tâche. Un système de repérage compatible avec la procédure de description doit alors être construit par les élèves.

#### **b) des représentations graphiques au langage :**

Une autre composante importante du changement de cadre effectué réside dans le changement du mode de représentation symbolique, moyen d'expression et d'évolution des conceptions. Les élèves ne peuvent plus bénéficier de l'analogie du dessin graphique, que ce soit dans la production ou dans l'interprétation des dessins; lors des activités précédentes, cette analogie leur offrait un support figuratif pour représenter et se représenter les objets concernés. Dans la résolution du problème présent, les dessins étant interdits, le mode de représentation sera le langage... un langage qui se construira progressivement, avec la progression de l'analyse de l'objet à décrire, de ses composants et des relations qui les régissent. Comme l'a montré C. Laborde (1982), "il existe des problèmes spécifiques causés par les activités langagières en mathématiques, que ce soit en formulation ou en



compréhension : quoi qu'on fasse, la connaissance maîtrisée ne peut être automatiquement explicitée; mais ces problèmes langagiers ne sont pas indépendants de la connaissance en question, ni de sa construction".

Les difficultés de description des objets en l'interdiction d'utilisation de dessins obligeraient les élèves à élaborer des systèmes de codage symbolique, qui puissent remédier à la lourdeur des systèmes de renvoi en langue naturelle.

Dessins et symboles, deux outils adoptés ici pour aborder les mêmes problèmes, font partie des systèmes de représentation explicités par Bruner (1966), qui a proposé un modèle d'acquisition par les enfants des systèmes symboliques de plus en plus élaborés, à travers des actions (enactive representations), des images (iconic representations) et des symboles (symbolic representations).

En partant de ce modèle, Lesh et Landau (1983) ont dépassé son caractère linéaire pour proposer un modèle interactif d'utilisation des systèmes de représentation. L'hypothèse principale de leur travail est l'existence d'une interaction et d'un transfert entre, et à travers, ces modes de représentation. Dans notre recherche, nous nous appuyerons sur cette hypothèse pour supposer qu'avec le changement de cadre effectué, il n'y a pas rupture, mais continuité d'un processus évolutif, et pour le montrer à l'aide des données recueillies au cours de la séquence.

### **I.2.2. D'une situation d'interaction à une situation de communication**

Au cours de la réalisation des tâches précédentes, les élèves travaillaient en interaction continue avec l'ordinateur, et plus précisément avec les systèmes de connaissances représentés par les deux logiciels utilisés. Comme on l'a déjà vu, les tâches comportaient, pour une part, des transformations de modalités de connaissance, de façon à pouvoir les adapter aux règles de fonctionnement et aux contraintes du dispositif : une transformation de savoirs et de savoir-faire en des savoir-faire-faire (Mendelsohn 1986). La réalisation de la tâche présente nécessite une transformation analogue, avec cette différence que l'élément-cible du milieu, auquel s'adresse le résultat de cette opération est un camarade de la classe qui, en principe, possède avec le producteur du message des savoirs et des langages communs. C'est dans ces registres communs, et avec plus ou moins de liberté selon la complexité de l'objet à décrire, que les élèves chercheront leurs procédures de description, et non plus dans le registre du système symbolique figé de l'ordinateur, de son langage déterminé et limité, de ses règles de fonctionnement contraignantes.

Une autre différence dans les conditions des deux milieux crée une contrainte très importante : au cours du travail avec l'ordinateur, une interaction continuelle existe entre l'élève et ce dispositif, qui lui donne des *feed-backs* instantanés à toute opération élémentaire : des messages d'erreur dans le cas où l'opération ne s'intègre pas dans la logique de fonctionnement et, dans le cas contraire, des requêtes explicites d'informations ou des résultats intermédiaires sur lesquels l'élève possède certains moyens de contrôle. Cette interactivité est complètement absente dans le cas présent : la description de l'objet n'est communiquée qu'à la fin, sans rétroactions possibles; la construction de l'objet, donc la validation du système de description adopté est différée et doit être faite d'emblée. Ceci favorise la recherche d'un système cohérent et unique qui puisse encadrer toutes les informations à communiquer; il incite, d'autre part, à une validation progressive de la correction et de la suffisance des informations, et à une anticipation sur l'interprétation qu'en fera le constructeur.

### **1.2.3. Dimension sociale de la situation de communication :**

Dans la théorie des situations, la situation de communication occupe une place importante, par les caractéristiques et les enjeux sociaux qu'elle implique. Un schéma, dressé par G. Brousseau (1986), explique les différents facteurs d'une telle situation, les liens qui existent entre eux.

La dimension sociale des situations de communication entre élèves est proposée (Laborde, Guillerault, 1984) comme une solution possible pour favoriser l'évolution des formulations des élèves vers des textes décontextualisés et utilisant un code symbolique, donc comme un catalyseur du dépassement d'un obstacle dont ils ont montré l'existence chez les élèves du début du premier cycle : l'opposition à l'utilisation d'un code symbolique.

Le dépassement de cet obstacle est favorisé par la nécessité de trouver un discours concis et non-ambigu que les autres élèves (disposant du même répertoire langagier) puissent interpréter. En effet, codeurs et décodeurs sont engagés dans un jeu commun dont le succès dépend des deux équipes. Les codeurs ont donc intérêt à réaliser le meilleur message pour arriver, avec les décodeurs, à la réussite. "La nature même de la situation de communication joue un rôle important quant à l'expression du repérage et des renvois, quant à leur degré d'explicitation et de précision. Le choix de l'interlocuteur, le but de la communication sont des facteurs qui conditionnent la mise en mots des élèves." (Laborde 1982)

Dans notre situation, nous partons de cette dernière déclaration pour espérer que la situation de communication entre nos binômes favorise l'évolution de leur formulation des connaissances correspondant au champ conceptuel précis du repérage dans l'espace : la description de l'objet spatial en vue de sa reconstruction exige de situer ses éléments les uns par rapport aux autres. Les systèmes de renvoi se compliqueront assez vite, imposant des systèmes de repérage et des systèmes de codage appropriés.

Le besoin de la construction de tels systèmes est aussi favorisé par une autre dimension sociale de la situation : l'interaction entre les deux membres du binôme émetteur du message. En effet, à part l'évolution des productions qui peut être amorcée et favorisée par les échanges explicites de propositions et d'arguments, cette interaction entre les deux élèves dans le but de produire un seul message crée un besoin encore plus accru d'un système de référence commun qui facilite les échanges, voire qui les rende possibles. D'après ses recherches basées sur ce type de situations, C. Laborde parle d'une dialectique qui a fonctionné suivant différentes modalités entre les deux dimensions sociales : interaction intra-binôme et communication inter-binômes.

#### **I.2.4. Monde d'objets**

Dans cette partie, nous présenterons une analyse a priori, essayant de dresser des modèles de conception de l'espace et des types de repérage, prévus en fonction des choix que nous avons faits sur la variable "objet à représenter"

Les caractéristiques des objets concernés par cette situation ont été explicitées dans l'analyse des variables de la séquence, qui les situe par rapport aux autres mondes d'objets utilisés dans la séquence. En résumé, on rappelle que ce sont des maquettes en carton, composées exclusivement de plaques rectangulaires, collées, et disposées, pour la plupart, selon les trois directions d'un trièdre trirectangle. Dans ce monde d'objets, nous avons fait trois choix pour introduire une certaine irrégularité qui oblige les élèves à la recherche de référentiels fixes, en rendant plus difficile toute description de l'objet en langage naturel, essayant de situer les unes par rapport aux autres des plaques appartenant à certaines classes :

\* nous avons multiplié les relations numériques, en variant les dimensions des différentes plaques et les distances qui séparent celles qui sont parallèles entre elles. Cette multiplicité marque encore un pas vers un accès plus riche à l'espace par la diversification des relations entre les composants, et par une organisation moins régulière des "vides" et des "pleins" de l'espace (par rapport au monde des escaliers).

\* Chacune des maquettes contient une plaque disposée obliquement par rapport aux bords de celle qui lui sert de support (fig.VII.1); ceci, pour bloquer ou au moins rendre plus coûteuses les procédures de description basées sur "le rectangle" comme objet géométrique, ce qui orienterait vers des procédures plus analytiques, basées sur "le segment" ou "le point".

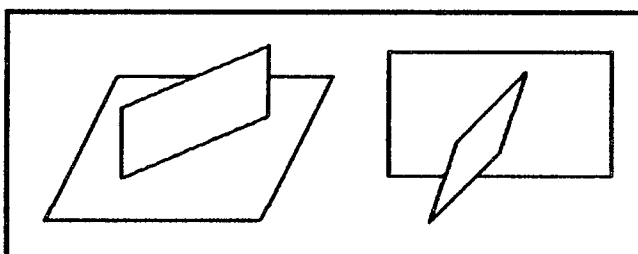


fig.VII.1

\* Dans toutes les positions possibles de la maquette, elle comporte au moins une plaque ayant pour support un rectangle qui n'est pas celui de la base; On aura donc des éléments intermédiaires qui serviront de support à d'autres éléments ( fig.VII.2).

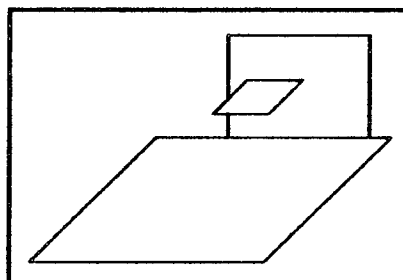


fig.VII.2

Ceci rendra plus difficiles et plus longues les chaînes de renvoi en langue naturelle, ce qui incitera à l'utilisation de codes symboliques pour identifier les éléments, et/ou à l'adoption de nouveaux plans de référence.

Dans ce qui suit, nous parlerons des variables à l'intérieur de ce monde d'objets, et de l'impact que peuvent exercer leurs valeurs sur les procédures d'analyse et de description, laissant transparaître différentes représentations de l'espace.

a) Nombre des plaques composantes :

La description en langage naturel est d'autant plus coûteuse que le nombre des plaques composantes est élevé. Un équilibre a été pourtant recherché entre le nombre des composants, la régularité des relations entre eux et la complexité du type de repérage prévu pour un objet précis : Par exemple, une maquette, pour laquelle on prévoit chez les élèves des procédures utilisant des codages symboliques, comportera un grand nombre de plaques, pour rendre

longue et coûteuse une description en langage naturel; mais ce choix doit garder dans les limites du possible le codage de tous les éléments, pour que ce système de codage se présente comme vraie solution au problème; pour ce faire, les plaques seront disposées d'une manière plus ou moins régulière, ce qui facilitera la gestion des relations numériques entre elles et épargnera de longues opérations de mesure (plaques superposables, équidistantes ou connexes).

**b) Nombre des plaques "de grande taille" :**

Par rapport à l'ordre de grandeur de la plupart des plaques, il y en a qui sont particulièrement plus grandes. Le nombre et les positions des plaques de cette catégorie auront de l'importance :

\* ce sont les plaques que les élèves choisiront comme base pour fixer la position de la maquette sur la table; cette facilité favorisera donc un plan de référence particulier, le plan horizontal. D'autre part, elle limitera à quatre cas possibles la vue de la maquette que les élèves choisiront comme vue de face; ces cas possibles seront encore réduits par la disposition des autres plaques; on suppose que les élèves choisiront la position pour laquelle on a le moindre d'éléments cachés par d'autres.

\* l'existence de deux, ou plusieurs plaques "de grande taille" multipliera les possibilités de choix de la base, d'une part, et favorisera des moments de changement, voire l'adoption de plusieurs plans de référence, d'autre part. Encore plus, elle influera sur la conception même de l'objet et celle de l'espace : une maquette n'ayant qu'une plaque de grande taille (la base) pourra être considérée comme occupant une portion de l'espace, délimitée par une surface prismatique générée par les frontières de la base. La hauteur de cette surface n'est pas déterminée; elle peut être conçue : soit comme ayant la hauteur de la plaque verticale la plus haute, soit comme ayant une extension théorique illimitée (surtout dans le cas où le nombre des "petites" plaques est grand).

Lorsque la maquette présente d'autres plaques de grande taille, comme par exemple dans le cas de la maquette de la fig.VII.3 qui présente un "coin", l'objet occupera plutôt une portion limitée de l'espace ce qui, d'après cette caractéristique, le rapprochera du monde des solides et lui donnera une globalité et une intégrité absentes dans le cas précédent.

Nous parlerons de l' "intégrité" d'un objet lorsque sa composition le rapproche du monde des solides, dans le sens qu'il serait peu probable de le concevoir comme un assemblage de composants, qu'ils soient bidimensionnels ou tridimensionnels. Un objet

"intègre" occupe une zone de l'espace qui ne se réduit pas à ses composants, elle inclut les "vides" de l'espace, existant entre ces composants). C'est le cas des objets possédant une certaine "enveloppe" qui délimite l'espace qu'ils occupent.

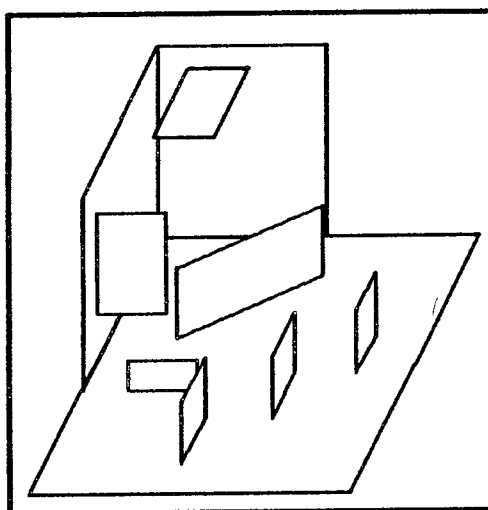


fig.VII.3

Ces différentes conceptions de l'objet sont accompagnées de différents types de repérage favorisés : le cas d'une seule plaque de grande taille (fig.VII.4) favorise un repérage plan pour les éléments contenus dans la base, avec l'ajout d'une direction verticale pour les autres, qui seront repérés par rapport à la base comme plan de référence.

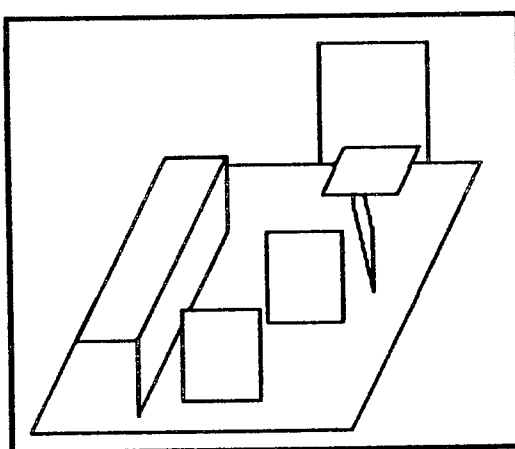


fig.VII.4

Le cas du "coin" (fig. VII.3) favorisera un repérage où les trois plans pourront prendre le statut de référentiels, ce qui favorisera un repérage analytique.

c) Connexité des éléments composants :

Cette variable concerne l'existence et les positions relatives de plaques composantes de la maquette (outre le cas trivial de la base), ayant entre elles des intersections ou des arêtes communes. En fait, un degré de complexité croissant caractérise les différents cas : plaques à arêtes communes (fig.VII.5,1), plaques telles qu'une arête de l'une soit contenue dans le plan de l'autre de manière qu'une extrémité de cette arête coïncide avec un point d'une arête de la plaque-support (fig.VII.5,2), plaques à portions d'arêtes communes (fig.VII.5,3), plaques telles qu'une arête de l'une soit contenue dans le plan de l'autre de manière que ses sommets soient à des distances non nulles des bords de la plaque-support (fig.VII.5.4). Cette variable aura surtout de l'importance au niveau de la complexité des systèmes de renvoi en langage naturel, et au niveau de la formulation des positions relatives des plaques.

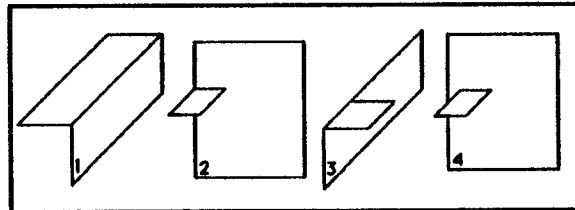


fig.VII. 5

Présentons par un tableau nos choix des différentes valeurs de ces variables, pour trois maquettes proposées (voir les représentations des maquettes au début de l'analyse du message de chacun des binômes ou dans l'annexe) :

Maquette Variables		(David, Rachel)		(Eric, Richard)		(Olivier, Stéphane)	
		nb. de plaques composantes	nb. de plaques superposables	10	3	6	0
nb. de relations d'équidistance	1		0		0		
organisation en directions	3 frontales 2 horizont. 4 normales 1 oblique		2 frontales 2 horizont. 1 normale 1 oblique		3 frontales 3 horizont. 4 normales 1 oblique		
nb. de plaques de grande taille		3		2		1	
nb. de relations de connexité (sauf avec la base)	Type 1	2	0	2	0	2	1
	Type 2		0		2		0
	Type 3		0		0		0
	Type 4		2		0		1

## II. Analyse de la phase de codage

### II.1. Objets de l'analyse

L'analyse faite dans cette partie ne se réduira pas aux messages définitifs écrits, elle s'intéressera aussi à l'évolution de leur élaboration, à travers les discussions des élèves, les difficultés rencontrées, les obstacles et leur dépassement, etc... elle étudiera donc la genèse de leur formulation, par une analyse clinique approfondie, que permettra le nombre réduit des binômes.

Une telle analyse clinique aura donc pour données, outre les messages écrits, de longs propos enregistrés. Une délimitation des buts de cette analyse s'avère alors nécessaire, de même qu'une explicitation des questions principales auxquelles elle voudrait répondre.



### **II.1.1. Analyse du type de repérage**

La description de la maquette doit situer les objets composants les uns par rapport aux autres, dans un système de description plus ou moins cohérent. Pour ce faire, l'objet doit être placé et fixé dans une position précise que les élèves choisiront.

Un premier moment à analyser sera celui où les élèves décident d'adopter des référentiels fixes, indépendants du sujet (mais probablement pas de l'objet); un tel besoin est une exigence de la situation de communication, où les élèves doivent communiquer des informations à d'autres qui ne connaissent pas l'objet, pas plus que la position qu'il occupe par rapport aux rédacteurs.... les choix de ces référentiels peuvent évoluer vers l'unicité et la cohérence du système.

Notre analyse s'occupera aussi d'étudier le type de codage et de repérage adopté dans le message, et de le lier aux raisons qui ont pu favoriser son apparition. Elle portera sur sa relation avec la connaissance, que les élèves sont supposés avoir, d'un système de repérage dans le plan, comme il est classiquement présenté dans l'enseignement. Une telle connaissance sera traitée comme un obstacle à franchir pour aboutir à un repérage tridimensionnel, qui intégrerait le repérage bidimensionnel, après l'avoir dépassé, voire détruit. Une autre dimension de l'analyse du type de repérage portera sur les relations qu'il présente avec les types de repérage déjà construits au cours des situations d'action dans le cadre des deux logiciels utilisés, et surtout celui qui gère Mac Space.

### **II.1.2. Rôle du type d'objet**

Comme il a été dit nous supposons que la composition de la maquette à décrire aura une influence sur l'évolution et le choix du type de repérage à adopter, à travers une conception particulière de l'espace, qu'elle favorise. Nous tenterons d'explicitier les relations qui existent entre la procédure de description et les caractéristiques de la maquette.

### **II.1.3. Objets géométriques fondamentaux et conceptions**

Quels sont les objets géométriques fondamentaux au repérage adopté dans un message ? Physiquement, les composants de la maquette sont des plaques rectangulaires; nous supposons que la volonté de sauvegarder l'intégrité de ces plaques aura le statut d'un obstacle dans l'évolution vers une procédure de description analytique. Ce n'est que par le dépassement de cet obstacle, et la décontextualisation des éléments significatifs (points

particuliers : sommets, arêtes) des plaques, qu'on peut surmonter la tendance vers des procédures de description qui essaient de situer les plaques les unes par rapport aux autres, et qui utiliseront probablement des propos en langage naturel. Les processus de dépassement de cet obstacle feront objet de l'analyse.

Pour chacun des rectangles composants, les informations données doivent imposer une unicité de construction : elles doivent donc être suffisantes pour qu'on en puisse déduire, d'une façon directe ou indirecte:

- \* la direction,
- \* les dimensions,
- \* la position de la plaque en question.

D'autre part, une des contraintes de la tâche de codage est que le message doit être le plus court possible. Les informations données doivent donc être nécessaires et non redondantes.

Remplir ces deux conditions de nécessité et de suffisance est en soi une construction intellectuelle liée à la conception du rectangle selon laquelle une plaque composante particulière est définie; en effet, selon une conception ou une autre du rectangle, les classes d'informations concernant direction, dimensions et position ne sont pas disjointes; des relations d'implication, d'emboîtement ou même d'inclusion peuvent exister entre elles. Donnons quelques exemples :

\* Dans le monde d'objets considéré, un rectangle est totalement défini par la donnée des extrémités d'une de ses diagonales. Dimensions et position peuvent en être déduites, toute information supplémentaire serait superflue.

\* De même, un rectangle est totalement défini par la donnée de deux sommets consécutifs et de la longueur de l'arête perpendiculaire au segment les joignant.

L'analyse suivante des messages s'intéressera à la pertinence des informations données pour décrire les composants, et aux différentes conceptions des objets qui lui sont sous-jacentes. Pour cette analyse, les choix que font les élèves et les décisions qu'ils prennent, en ce qui concerne les mesures qu'il faut effectuer, seront importants. La maquette, fabriquée en carton blanc, ne porte aucune indication : elle ne comporte ni étiquetage qui puisse aider à identifier ou désigner des objets géométriques particuliers, ni chiffres indiquant des mesures spécifiques. Les élèves seront alors maîtres du choix des éléments à mesurer, et à considérer comme pertinents à la description selon la procédure adoptée.

#### II.1.4. relation entre le type de repérage et la formulation du message

Les élèves savent que le message qu'ils doivent produire sera destiné à un (ou plusieurs) camarade (s) (non à l'enseignant, qui serait capable d'interpréter des informations incomplètes ou ambiguës), et que sa finalité est que ces camarades réussissent à reconstruire, d'après ce message, un objet identique à celui qu'il décrit.

Un intérêt sera porté aux décisions des élèves à propos du statut particulier à donner à des éléments de l'objet considérés comme pertinents; de telles décisions sont liées à l'utilisation d'un codage. Cette dimension de l'analyse a bien été mise en évidence par C. Laborde dans sa recherche, où elle a explicité les raisons pour lesquelles elle a omis tout étiquetage de la figure que les élèves avaient à décrire; ces mêmes raisons peuvent aussi expliquer l'absence des mesures sur la maquette, dans notre recherche : "la raison première est que nous voulions laisser les élèves maîtres de la décision d'utiliser un codage, décision qui, si elle est prise, comporte le choix des éléments à coder et la forme du codage [...] un codage déjà placé est susceptible d'induire et par là de privilégier une procédure de description de la figure [...] imposer un codage risquait de modifier les parts respectives de l'implicite et de l'explicite dans les messages [...] l'absence de codage incite à l'expression en langue naturelle et permet aussi une plus grande variété dans le choix des termes et des formulations" (Laborde 1982)

Pour ce qui concerne cette dimension de l'analyse, notre recherche adoptera comme hypothèses de départ des résultats démontrés par la recherche de C. Laborde (1982) :

- "la procédure de description qu'ils (les élèves) adopteraient ne serait pas indépendante de la mise en place et de l'utilisation d'un codage de certains éléments de la figure"; nous ajouterons qu'une interaction analogue existerait entre le choix de la procédure de description, d'une part, et le choix des mesures à effectuer, et la forme de codage selon laquelle ces mesures seront formulées, d'autre part;

- "la langue utilisée en mathématiques n'est pas simplement la juxtaposition de deux codes (langue naturelle et code symbolique) mais une langue résultat d'une véritable interaction entre ces deux codes en contact"; dans cette situation, une catégorie des codes symboliques utilisés par les élèves nous intéressera particulièrement : le système de désignation des mesures, adopté pour le repérage des composants de l'objet; ce système sera intimement lié au langage de formulation définitive du message produit. Nous supposons donc qu'il y a une interaction biunivoque entre le type de repérage adopté et la formulation du message; le premier conditionne la deuxième par la nature des objets fondamentaux et

les possibilités de leur expression dans un système de codage spécifique; les difficultés rencontrées dans la deuxième peuvent amener à l'évolution, à des modifications, voire au changement du type de repérage adopté.

## II.2. Analyse des messages des élèves :

### II.2.1. "David et Rachel"

(regarder le texte de leur message dans l'annexe)

Maquette qui leur a été proposée :

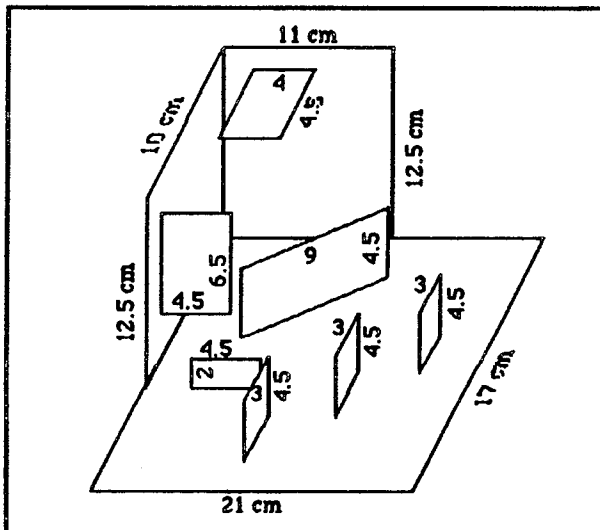


fig.VII.6 : dimensions des plaques

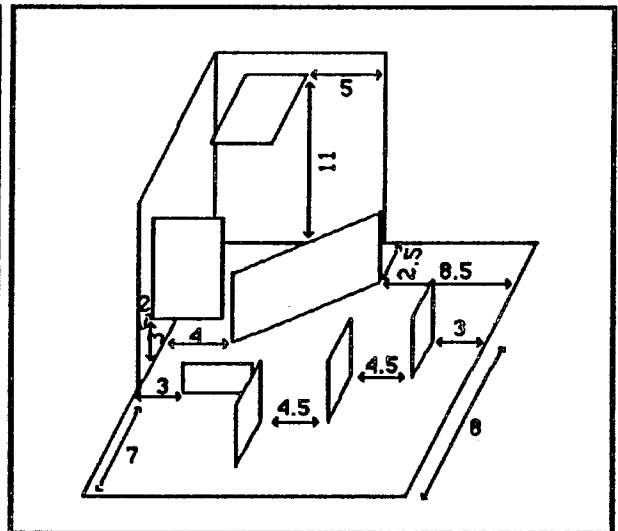


fig.VII.7 : Positions des plaques composantes

**N.B.1 :** Dans les deux représentations ci-dessus, nous avons donné des informations qui, conjuguées, seront suffisantes pour déterminer toutes les coordonnées des points significatifs de la maquette. Le choix de ces informations (distances explicitées) a plus ou moins été déterminé par l'exigence de clarté du dessin final. Il faut avouer que, pour communiquer au lecteur les informations nécessaires à la lecture du texte et à l'appréhension des relations au sein de la maquette, nous sommes confrontée à un problème analogue à celui qu'affrontent les élèves.

**N.B.2 :** La perspective utilisée dans la représentation de ces maquettes est celle utilisée le long de la séquence, et celle adoptée par le logiciel Mac Space. C'est pourquoi elles présentent une ambiguïté concernant les mesures dans les deux directions : normale et horizontale frontale. Rappelons que le rapport de proportionnalité mesure de la fuyante) / (mesure du côté représenté) est supérieur à 1).

(ces deux notes sont valables pour tout le chapitre).

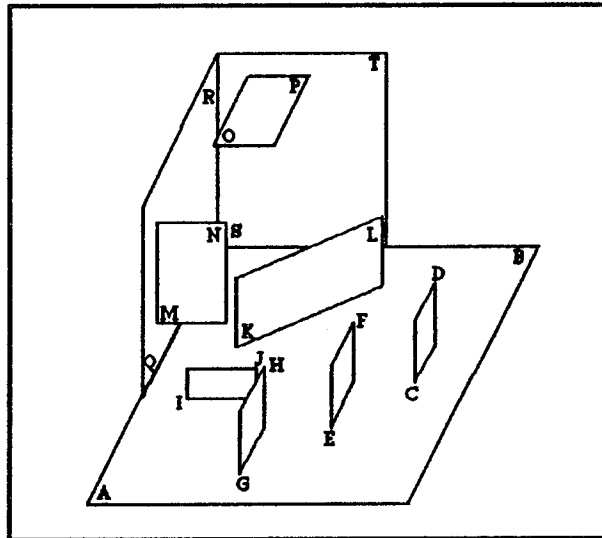


fig.VII.8 : Désignations des points par les élèves

A) Analyse du type de repérage (d'après le message définitif) :

1) Le système de référence construit :

Le système de repérage adopté dans ce message se rapproche du repérage euclidien dans l'espace, basé sur un repère trirectangle normé, et un système de projections, donnant lieu à un triplet de coordonnées pour une catégorie particulière de points de la maquette : les deux extrémités d'une diagonale de chacune des plaques composantes.

Une 3<sup>e</sup> dimension a été introduite pour accomplir une extension d'une connaissance, acquise dans les cours de mathématiques, du système classique de repérage bidimensionnel.

*R : .. enfin, c'est comme si on était dans un repère, en fait..... (court silence)... si...*

*D : ce qu'on fait en ce moment en maths?*

*R : oui; mais au lieu que ça soit.... nous, on fait ça sur un seul plan.... mais là, on fait ça comme... en profondeur, en 3 dimensions...*

La mobilisation de cette connaissance comme objet (au sens de Douady 1984,1986), aidant à la construction d'un outil de résolution du problème posé, a été favorisée par le milieu, présentant des éléments qui provoquent la reconnaissance, dans la tâche, d'un problème de repérage :

- \* la tâche de description de l'objet,
- \* les exigences de la situation de communication,
- \* les caractéristiques de la maquette, qui présentent les trois directions principales de l'espace comme éléments privilégiés de sa composition (les arêtes d'intersection des plaques "de grande taille").

Les élèves ont effectué un choix particulier qui, nous l'avouons, a dépassé nos attentes : Alors que nous nous attendions à une extension à 3 dimensions du repérage dans le plan de la base, les élèves ont fait le choix d'avoir comme départ un repérage dans un plan vertical, dont l'un des axes est le bord frontal de la base, et dont l'autre est l'axe virtuel, perpendiculaire à cette dernière et passant par son coin "devant, gauche". L'extension est faite en considérant une 3<sup>e</sup> dimension qu'ils ont appelée "profondeur" (fig. VII.9).

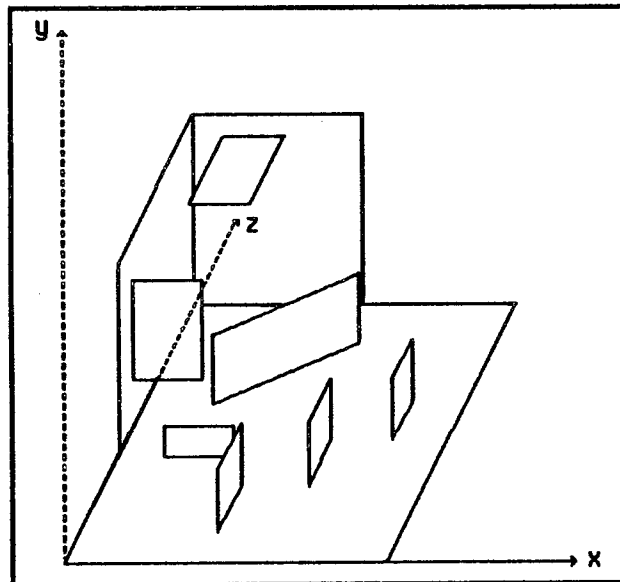


fig. VII.9

Nous relierions un tel choix au statut particulier attribué à la profondeur comme caractéristique privilégiée de l'espace tridimensionnel, le différenciant d'un espace bidimensionnel. ce statut particulier est lié à celui prouvé de la vue de face (Dolle 1984 & 1985, Rabardel & Weill-Fassin (ouvrage collectif) 1984)). En effet, explicitant les procédures utilisées par des élèves en situation d'apprentissage de dessin technique, Dolle constate : "ces élèves ne quittent pas un point de vue centré sur la vue de face. De la considération de cette vue, ils imaginent l'objet dans sa totalité [...] La décentration s'effectue néanmoins de la vue de face vers les autres vues, en fonction du caractère relativement stable de la forme entr'aperçue du volume mental, mais cette vue conserve un caractère encore tellement prégnant que ....." (Dolle, 1984). Nous pensons que cette

prégnance de la vue de face dans une situation de dessin est liée à (et résulterait de) sa prégnance dans la perception des objets spatiaux.

Le trièdre "imaginé" a donc comme origine un point que les élèves ont désigné par O, et qui coïncide avec le coin "gauche, devant" de la base, point qu'ils ont désigné par A au moment du repérage du rectangle de base. Cette double désignation est significative : bien que le repérage soit attaché à l'objet, et que le trièdre coïncide, par quelques-uns de ses éléments, avec des éléments significatifs de la maquette, il a acquis un statut particulier détaché de cette dernière. Une distinction est faite entre les objets concrets que sont les éléments de la maquette, et la construction abstraite qu'est le repère.

*R : ça... celle des ordonnées, ça celle des abscisses,..... et on fait une dernière.... je ne sais pas comment on l'appelle, on l'appelle.... euh... pour la profondeur...*

Issus de l'origine, les élèves ont progressivement mis en évidence trois axes formant le trièdre trirectangle construit :

- \* un axe horizontal frontal, de vecteur unitaire  $i$ , coïncidant avec le bord frontal "devant" de la base,

- \* un axe vertical, de vecteur unitaire  $j$ , n'ayant pas de correspondant concret parmi les éléments composants de la maquette, donc, virtuel,

- \* un axe horizontal normal, de vecteur unitaire  $k$ , coïncidant avec le bord normal "gauche" de la base.

C'est donc un repère direct, dont les trois axes coïncident, par leur direction et leur sens, avec ceux du repère régissant l'espace de Mac Space, à une permutation près.

Un tel choix est un des facteurs qui ont favorisé l'apparition d'un repérage qui dépasse le simple ajout d'une troisième dimension à un système de repérage bidimensionnel (un exemple d'un tel type de repérage est donné par le message de (Olivier, Stéphane) ). En effet, de par ce choix qui privilégie le plan vertical frontal, un tel ajout n'aurait pu être possible, à cause du fait que les points significatifs à repérer ne sont pas situés dans ce plan de départ. Une projection explicite est alors nécessaire dès le début du processus de repérage. Par contre, une extension à partir du plan de la base aurait offert la facilité et la possibilité de repérer, dans ce plan, tous les points significatifs qui y sont situés, donc, qui

sont confondus avec leur projection sur ce plan, ce qui aurait rendu implicite et inaperçu le procédé de projection, comme nécessité intermédiaire au repérage. Par un procédé analogue, toutes les plaques ayant une arête contenue dans le plan de la base auraient pu être décrites; n'auraient posé problème que les deux plaques "suspendues" (de sommets M, N et O,P respectivement).

**N.B.** : Désormais, nous désignerons une plaque de sommets S1 et S2 par <S1,S2>

Dans le système ainsi élaboré, la base n'a pas de statut particulier, l'espace est isotrope; ceci confirme notre analyse précédente, concernant le niveau d'abstraction que le repère construit a atteint par rapport à la réalité physique :

*D : et la base?*

*R : ben, la base, c'est aussi un rectangle*

*D : oui, mais la base, tu...*

*R : tu mets zéro, zéro.... et cette coordonnée là (elle indique l'autre coin de la base),..... ils tracent un rectangle (elle parle des réalisateurs potentiels).... t'as la base...*

Le système de repérage intègre donc le rectangle de base, comme il intègre tout autre rectangle de la maquette. Encore plus, le système de coordonnées détermine pour le rectangle de base son statut qui, alors, n'en est qu'une conséquence.

Pourtant, des moments d'hésitation (surtout du côté de David) ont révélé la persistance d'un conflit entre la réalité physique (taille et position) qui différencie le rectangle de base des autres composants, et la construction abstraite (soutenue par Rachel) qui les unifie : après le codage des sommets de la base par leurs triplets de coordonnées, David réplique :

*D : tu peux dire que ça, c'est la base... (court silence)...ah non, c'est vrai, ça se voit*

Cette tendance à la spécification n'a pas duré longtemps; elle a été résolue par une interprétation de l'information, et une lecture des coordonnées, qui accordent au rectangle en question le statut de base, sans que cela soit à préciser.



2) Rôle du type d'objet :

## i) Analyse a priori

L'une des plaques de la maquette sera nécessairement choisie comme base. Quatre positions de la maquette sont alors possibles. Deux d'entre elles sont à exclure : celles pour lesquelles l'une ou l'autre des plaques verticales "de taille moyenne" est située du côté des élèves, car elle masquerait une partie considérable de la maquette (fig.VII.10, fig.VII.11).

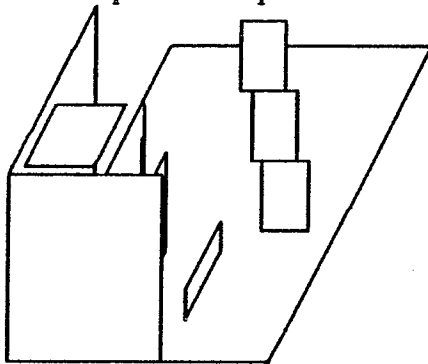


fig.VII.10

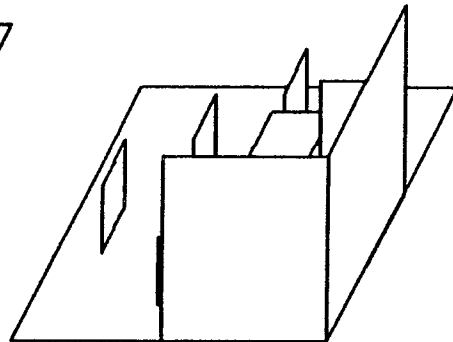


fig.VII.11

Parmi les deux positions restantes, la plus probable est celle où le "coin" formé par la base et les deux plaques "de taille moyenne" (<Q,R> et <S,T>) est à gauche (fig.VII.13); en effet, selon cette position, la maquette est plus large que profonde, position plus usuelle des objets spatiaux : elle permet un meilleur contrôle des éléments (perceptif ou par l'action), élargit la vue de face représentative de l'objet, et diminue la probabilité que des composants soient cachés derrière d'autres.

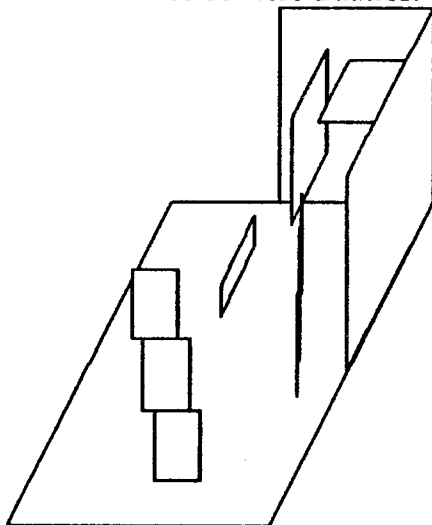


fig.VII.12

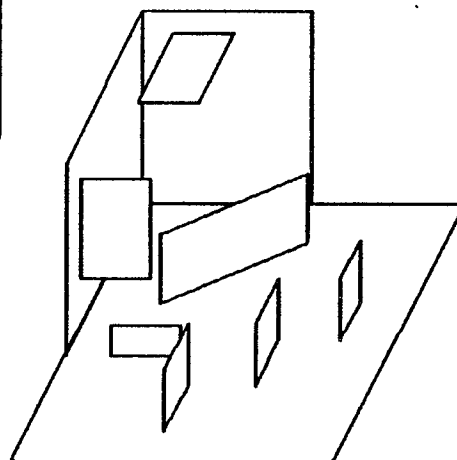


fig.VII.13

Selon cette position la plus probable, nous avons supposé que la maquette favorise un système de repérage analogue au système euclidien classique à trois dimensions, basé sur un repère dont l'origine serait matérialisée par le "coin" formé par la base et les deux

plaques "de taille moyenne" ( $\langle Q,R \rangle$  et  $\langle S,T \rangle$ ), et les axes par les trois droites d'intersection deux à deux de ces trois composants (fig. VII.14).

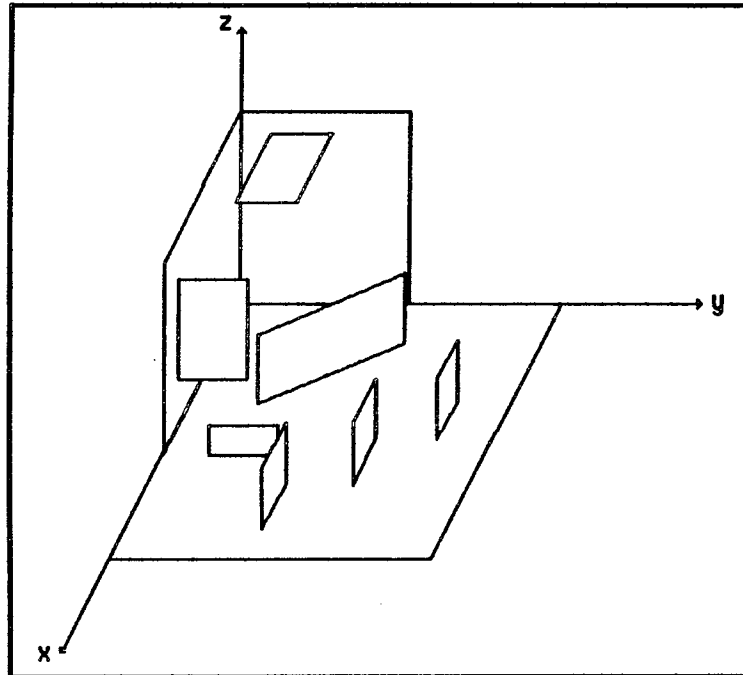


fig. VII.14

Cette supposition était renforcée par l'intégrité (cf. la définition § I.2.4,b) de l'objet, assurée par l'existence même du "coin", avec deux plaques de même hauteur délimitant "en hauteur" l'espace occupé par la maquette; cette structure s'oppose à une conception de l'objet comme un assemblage de plusieurs composants indépendants, placés sur une base; deux plaques "suspendues" ( $\langle M,N \rangle$  et  $\langle O,P \rangle$ ) rendent encore plus coûteuse, donc moins probable, une description de l'objet basée sur un repérage dans, et par rapport au plan de la base.

ii) confrontation avec le système de repérage utilisé effectivement :

Le choix de la position privilégiée de la maquette a été conforme à notre attente; d'autre part, un système de repérage tridimensionnel a bien été utilisé, favorisé par la composition et l'intégrité de la maquette en question. Pourtant, les élèves ont choisi, comme origine du repère, un point différent du "coin" de l'objet. Ce choix révèle qu'ils attribuent un poids plus important à l'intégrité de l'objet qu'à sa composition : à partir du moment où l'objet est considéré comme intègre, non décomposable, ses éléments significatifs sont considérés comme équivalents. c'est cette intégrité qui procure de la cohérence, et qui permet de concevoir un système de repérage uniforme pour les différents composants de l'objet.

Une réflexion approfondie a posteriori, ayant pour objet la recherche des raisons de ce décalage entre notre attente et le choix des élèves, et appuyée par un suivi de la genèse de

construction du système de repérage utilisé, nous amène à des suppositions que nous estimons capables d'expliquer ce fait :

\* composition et perception de l'objet :

Comme nous l'avons déjà vu, la position dans laquelle les élèves ont fixé la maquette leur a été imposée (ou presque) par sa composition; toute autre position aurait masqué une partie importante de l'information. D'autre part, compte tenu de la place privilégiée accordée à la direction verticale, et compte tenu de l'intégrité de l'objet qui ne privilégie pas sa base, l'extension à 3 dimensions favorisée est fondée sur un plan de repérage vertical frontal, sur lequel serait projetée la vue de face de l'objet, vue qui offre le plus possible d'informations, vue qui représente l'objet; une telle extension a été favorisée aux dépens d'une extension fondée sur un plan de repérage horizontal (celui de la base).

\* statut privilégié de la "profondeur" :

L'objet est donc conçu comme un objet spatial intègre, observé de face; un tel choix est lié au statut particulier de la "profondeur", montré le long de la séquence, comme étant par excellence la dimension qui accorde à un objet la caractéristique spatiale. On peut d'ailleurs le déduire de la réplique de Rachel :

*R : oui; mais au lieu que ça soit..... nous, on fait ça sur un seul plan.... mais là, on fait ça comme... en profondeur, en 3 dimensions...*

Ce privilège de la direction normale (en profondeur) favorise donc un plan de repérage vertical, à partir duquel se fera l'extension à 3 dimensions.

\* Egocentrisme faisant la différence entre deux orientations :

Deux possibilités sont alors envisageables pour un plan de repérage vertical frontal de départ : il contiendra l'un ou l'autre des deux bords horizontaux frontaux de la base, ce qui déterminera le sens d'orientation de l'axe normal : à partir de la position de l'élève, ou vers cette position. Une analyse plus poussée peut amener à une raison qui favorise le choix d'un plan passant par le bord frontal "devant", et qui est liée à un égocentrisme (au sens de Piaget) qui résiste : le repérage dans le sens de la "profondeur" est toujours lié aux sujets : à partir de leur position, et vers "l'avant"; donc, selon un sens qui leur permet d'avoir un contrôle continu sur les éléments à repérer. Adopter le coin plus éloigné comme origine

du repère, et repérer les éléments selon le sens contraire (de l'objet à repérer vers le sujet) aurait exigé un dépassement de cet obstacle d'égoïsme, accompagné d'un changement mental de la position du sujet par rapport à l'objet.

Choisir un plan de repérage passant par le côté frontal "devant" de la base est donc plus "naturel" que de choisir le plan frontal passant par son côté "derrière".

\* Structure du système de référence de Mac Space :

Rappelons, d'autre part, que l'activité de construction dans cette situation-problème a été fréquemment identifiée à une activité de dessin; la maquette elle-même a été identifiée à sa représentation graphique : les élèves parlent de réaliser "le dessin", ou "la figure" :

*R : ...on a la figure sous les yeux, ...*

ou encore :

*D : tu crois que s'ils ont ça et ça ils peuvent tracer le rectangle?*

Notons que, d'après le contexte, "tracer" est utilisé ici dans le sens de "placer par rapport à la configuration", non dans le sens de "dessiner" le rectangle sur le carton en vue de le découper.

Cette identification peut nous ramener à l'activité de dessin graphique avec Mac Space, où, d'après l'analyse de la séquence, rendre le dessin représentatif d'un objet spatial revient à lui donner "de la perspective", "de la profondeur". Ceci est renforcé par la structure du repère régissant l'espace de Mac Space, où l'axe horizontal normal est orienté dans le sens de la profondeur. Jamais il n'a été question de "relief" (orientation vers le sujet).

Rappelons, d'autre part, que les éléments du repère conçu dans Mac Space ne sont pas matérialisés, et que ce binôme (surtout Rachel) a pu réussir une construction mentale de ses plans, de leurs directions et de leur orientation. Ceci les a aidés à concevoir mentalement le plan vertical virtuel passant par le bord "devant" de la maquette, sans avoir nécessairement besoin de considérer un plan matérialisé, ce qui aurait plutôt favorisé le plan vertical passant par le bord frontal "derrière" de la base.

Pour toutes ces raisons, provenant en partie de la structure de la maquette et en partie de la séquence, le choix des élèves a privilégié le coin "devant, gauche" de la base, aux dépens du coin plus éloigné, malgré le fait que ce dernier soit matérialisé par trois plaques en trièdre trirectangle.

## 2) Objets géométriques fondamentaux et conceptions

La recherche des éléments fondamentaux à repérer a suivi l'instauration du type de repérage à adopter. En effet, puisque les élèves ont adopté "les mathématiques" comme cadre de référence, et particulièrement le repérage utilisé en cours de mathématiques, les points ont été rapidement détachés de leur contexte pour prendre un statut individuel par rapport à l'ensemble de la configuration; en effet, "en maths, on repère les points". Les points sont donc les objets géométriques fondamentaux privilégiés, car on sait les repérer par leurs triplets de coordonnées par rapport au repère construit.

*R : ce point... tu prends ce point-là ... tu dis où il est dans l'espace, càd. par rapport à ça, par rapport à ça et par rapport à ça... et tu fais ça pour chaque... mais ça va durer longtemps.... [...]... on prend ça et ça...*

Une première tentative vise à repérer tous les sommets des rectangles; elle correspond à une conception définissant un rectangle dans l'espace (direction, dimensions et position) par les coordonnées de ses quatre sommets. Mais le nombre élevé de plaques composant la maquette a incité les élèves à rechercher une règle d'économie, consistant à identifier les familles de points déterminants des plaques.

Finalement, un rectangle sera déterminé par les coordonnées des deux extrémités de l'une de ses diagonales. Cette définition du rectangle est basée sur un implicite fort, lié aux contraintes du monde d'objets auquel appartient la maquette; en effet, l'unicité du rectangle ainsi défini est garantie par le fait qu'on sait, implicitement, que si un sommet d'une plaque appartient au plan d'une plaque-support, une de ses arêtes doit y être contenue.

### B) Analyse dynamique et évolution du type de repérage

- Construction par les élèves d'un repère :

Une première procédure de description a été tentée : une description basée sur des informations concernant les plaques composantes de la maquette, en commençant par les dimensions de la base, comme on peut le remarquer d'après la première information notée dans la rubrique "Essai1". D'après les discussions entre les deux élèves, au cours de l'opération de mesure des dimensions de la base, l'idée d'utiliser un repère a émergé assez tôt; en effet, les élèves ont rapproché cette opération de celle qu'ils effectueraient s'ils avaient à déterminer les coordonnées d'un des sommets du rectangle, si on considère que le sommet qui lui est opposé est l'origine d'un repère.

*R : base.... 17... sur 21? attends.... 21 sur 17 cm... enfin, c'est comme si on était dans un repère, en fait..... (court silence)... si...*

*R : bon... i, bn dit que c'est l'unité... l'unité, parce qu'il faut bien qu'on donne des.... des longueurs*

Le besoin de désigner des vecteurs-unités est bien le résultat d'une prise de conscience de la nécessité de donner des longueurs. Quant à leur rôle de directeurs, c'est la matérialisation de ces vecteurs-unités sur le petit dessin des trois axes (dans la rubrique "Essai1") qui le met en œuvre, en affectant chacun de ces vecteurs à un des axes, en fonction de la structuration de l'espace correspondante et de l'ordre des coordonnées que les élèves ont décidé d'adopter.

- Comment repérer un point ?

Le problème a donc été rapidement conçu comme un problème de repérage, la liaison avec le repérage dans le plan a été rapidement reconnue... Un repère trirectangle a donc été construit, comme on l'a expliqué précédemment. Par rapport à ce trièdre, les élèves essayeront de trouver les opérations permettant de trouver les mesures à effectuer pour obtenir les coordonnées d'un point quelconque.

*R : tu sais... en maths, on fait un truc comme ça.... on a un repère comme ça (elle dessine)*

*D : oui*

*R : comme ça.... qui descend comme ça... t'imagines que t'es dans l'espace... et si tu fais des.... des lignes, ça fait ça.... ça continue.*

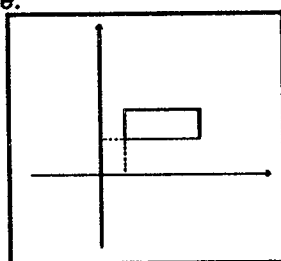


fig.VII.15

En passant par une extension des opérations nécessaires au repérage plan, Rachel essaye de trouver celles nécessaires au repérage dans l'espace : la projection selon l'une ou l'autre des trois directions est exprimée comme des "lignes qui continuent", la perpendicularité n'est pas mentionnée; cette représentation est identifiable à l'action de repérage dans ce monde particulier des maquettes, si on exclut celles contenant des plaques obliques. Pourtant, dans la suite, et au moment du codage par leurs coordonnées des deux sommets déterminants de la plaque oblique de leur maquette, les élèves ont bien effectué les projections orthogonales.

Après installation du type de repérage à 3 dimensions, et au cours du codage des deux sommets de la base, nous avons pu remarquer que :

Malgré le fait déjà signalé que les élèves ont pu dépasser le statut particulier de la base, un conflit résultant de la coïncidence du plan de cette dernière avec le plan horizontal du repère a persisté; en effet, la facilité de décrire ce composant par ses dimensions, en tenant compte du fait qu'il est la base, rend superflue l'activité mentale visant à le coder par deux triplets dont il faut chercher les éléments; une telle recherche doit se faire en fonction de la structuration de l'espace de la maquette et des correspondances  $(x,y,z) \rightarrow \{\text{directions principales}\}$ . Une recherche supplémentaire est à faire pour :

\* d'une part, identifier la place de ces deux mesures parmi les six nombres nécessaires pour composer les coordonnées de deux points déterminants,

\* d'autre part trouver les valeurs à accorder aux autres coordonnées (pour le cas de la base, elles sont toutes nulles. Mais il faut une prise de conscience de ce fait pour le décider).

*R : ça fait : 21,....*

*D : 17 en profondeur*

*R : non.... zéro,.... zéro, d'abord, parce que c'est O, i, j,.... puis k*

*D : ah oui*

C'est le souci de cohérence du système qui pousse Rachel à refuser la facilité, et à accepter l'effort supplémentaire pour cette organisation des correspondances directions / mesures. Ce conflit est, en partie, identifiable à celui déjà analysé (dans le cas de Mac Space) entre coordonnées absolues et coordonnées relatives; dans le cas du rectangle de base, et compte tenu du choix de l'origine, elles sont les mêmes.

L'analyse précédente est confirmée par le choix des arêtes sur lesquelles ces deux mesures ont été prises, et par le sens selon lequel elles l'ont été : (fig.VII.16) les élèves ont mesuré les dimensions du rectangle, non les projections de son sommet.

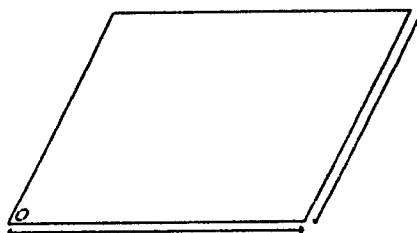


fig.VII.16

Le cas particulier de la base étant dépassé, un procédé de repérage cohérent et systématique s'est progressivement développé pour les autres composants de la maquette; il a les caractéristiques suivantes :

\* Le système de projections que les élèves ont adopté est particulièrement lié à la structure de la maquette, et au degré de matérialisation des éléments composants du repère. La coordonnée  $y$  (la cote dans le système de repérage classique) a toujours été calculée par la mesure de distance, au plan de la base, du point à repérer. L'opération correspondante consiste donc en une projection de ce point sur le plan horizontal du trièdre, matérialisé par le rectangle de base; la mesure se fait le long de la projetante.

Quant aux deux autres coordonnées ( $x$  et  $z$ ), elles ont été calculées par la mesure des distances respectives aux axes de vecteurs unitaires  $i$  et  $k$  du point, projection sur le plan de base du point à repérer.

Un système de projections en deux étapes est alors accompli : une projection sur le plan horizontal du trièdre, matérialisé par la base, et deux projections (une pour chaque coordonnée) sur les axes horizontaux, matérialisés par les deux bords du rectangle de base.

Malgré l'isotropie de l'espace qui transparait à travers le message présent, de par le codage uniforme pour les trois coordonnées, le procédé de repérage que les élèves ont adopté révèle une certaine anisotropie, liée à la réalité physique, et qui résiste au degré élevé d'abstraction et de décontextualisation qui caractérise ce système de repérage.

\* Lié à ce système de projections, un système d'égalités entre les différentes coordonnées de différents points a été construit et systématiquement utilisé, le long des opérations de repérage, comme règle d'économie épargnant certaines opérations de mesure. Cette construction est basée sur une maîtrise des propriétés du rectangle (par exemple : superposabilité des côtés opposés), et de quelques règles et théorèmes de la géométrie projective plane, concernant le parallélisme et l'orthogonalité (par exemple : deux droites perpendiculaires (resp. parallèles) à une troisième sont parallèles entre elles).

*D : ben... ça fait comme l'autre*

*R : non.. ah ben, non, il faut qu'on mesure*

*D : ah oui?!*

*R : ah oui, non.... non, non, t'avais raison; alors, 17.7; 0;....*

*D : et pourquoi zéro?*



*R : ah non, non.. c'est pas zéro... c'est seulement au même niveau, là... au niveau de l'abscisse, c'est le même*

*D : oui, l'abscisse*

*R : c'est en ordonnée et en profondeur qu'il ne sera pas pareil*

Insistons, avant de terminer ce paragraphe, sur l'aspect purement descriptif de ce message, ce qui n'a pu être que l'aboutissement d'un processus d'abstraction assez long. A partir du moment où le système de repérage a été construit, et où les informations nécessaires et suffisantes à la réalisation de la maquette par les décodeurs ont été cernées et données, toute relation avec l'action a été coupée, pour ne laisser apparaître que des informations descriptives fortement codées. Un aspect intéressant de cette abstraction s'est manifesté par le détachement complet du codage de certaines plaques de leur construction physique (activité anticipée et présente en permanence le long du codage) : dans la liste de bipoints codés, les deux plaques "suspendues" ( $\langle M, N \rangle$  et  $\langle O, P \rangle$ ) sont apparues avant celles qui leur servent de support. Pour toutes les autres plaques, le premier sommet codé a toujours un support matériel sur lequel on peut, lors de la reconstruction, le repérer, et même le matérialiser par une trace sur ce support; d'autre part, le deuxième sommet codé peut être déductible par l'intermédiaire de sa projection sur ce même support. Pour ces deux plaques, il n'en est pas de même. Une pure description en a été donnée, ne tenant compte de la séquentialité correspondant à l'action de reconstruction.

### C) Relation entre le type de repérage et la formulation du message

La formulation du message et les désignations avec lesquelles les élèves ont codé les éléments significatifs de la configuration sont intimement liées au système de repérage adopté; en effet :

Des informations préalables ont été communiquées, pour l'installation et la structuration du repère. Son aspect conventionnel est révélé par l'avertisseur de désignation (au sens de Kuntzmann 1969) "soit" : il indique une prise de conscience chez les élèves de la nécessité d'introduire un nouvel élément à la situation, et de communiquer ses caractéristiques aux décodeurs.

La communication de la structuration adoptée du repère, et de l'ordre d'expression des coordonnées, repose sur des connaissances partagées par la classe, concernant les notations convenues pour coder les coordonnées de points dans un repère bidimensionnel; de même pour les appellations des coordonnées : (abscisse et ordonnée). Pour la troisième

coordonnée à introduire, une appellation significative a été communiquée. Quant à la suite de vecteurs unitaires, l'appellation du nouvel élément s'est basée sur la suite alphabétique logique des autres termes, connus par tous les élèves de la classe.

*D : dans l'espace, ... ça va faire... euh... O, i, j, et... k*

Toujours dans la classe des informations préliminaires données par le message pour la structuration du système de codage, on trouve celle concernant le statut des deux points codés sur une même ligne du message :

*R : oui, mais il faut qu'on l'explique, ça... si on leur donne deux points, il faut bien qu'ils comprennent ce que c'est*

*D : c'est les deux extrémités opposées d'un rectangle*

Tout le long de la formulation, et dans le souci de spécifier les termes introduits à la situation, termes qui ne sont pas a priori présents chez tous les binômes, les exigences de la situation de communication incitaient les deux élèves à effectuer des retours sur les informations préliminaires.

"deux sommets opposés d'un rectangle à faire". Dans cette information, on rencontre le seul verbe du message, et la seule instruction correspondant à une action à accomplir.

Dans le souci de non-confusion entre les coordonnées de sommets et les dimensions de rectangles, cette dernière information a été appuyée, dans la suite, par des informations classant les bipoints correspondant à un même rectangle, par une numérotation des rectangles par ordre d'apparition (1<sup>o</sup> rectangle, 2<sup>o</sup> rectangle, etc...). Pour les élèves, cet ordre est complètement indépendant de l'ordre supposé de reconstruction; il n'a d'autre utilité que de fournir une manière d'associer les deux points par leur propriété commune d'être des sommets du même rectangle.

*D : il faut dire que ça c'est le 1<sup>o</sup> rectangle*

*R : ben.. de toute manière, que ça soit le premier ou pas, ils sont bien obligés de le dessiner*

*D : mais on peut penser que ça (un triplet)... ça fait un rectangle en tout*

*R : non.... je vais mettre là*

*D : tu mets premier rectangle, et là... tu mets 2<sup>o</sup> rectangle*

## II.2.2. "Eric et Richard" :

( regarder le texte de leur message dans l'annexe)

Maquette qui leur a été proposée :

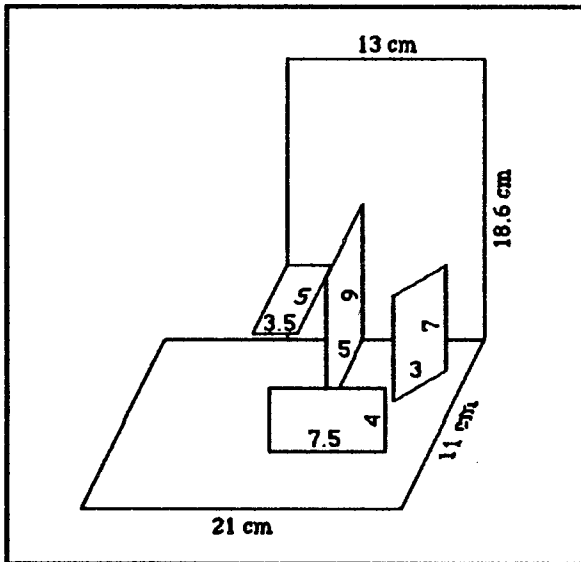


fig.VII.17 : Dimensions des plaques composantes

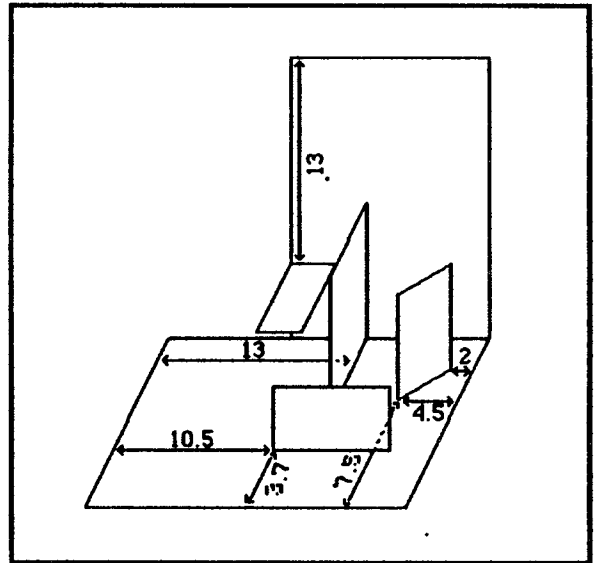
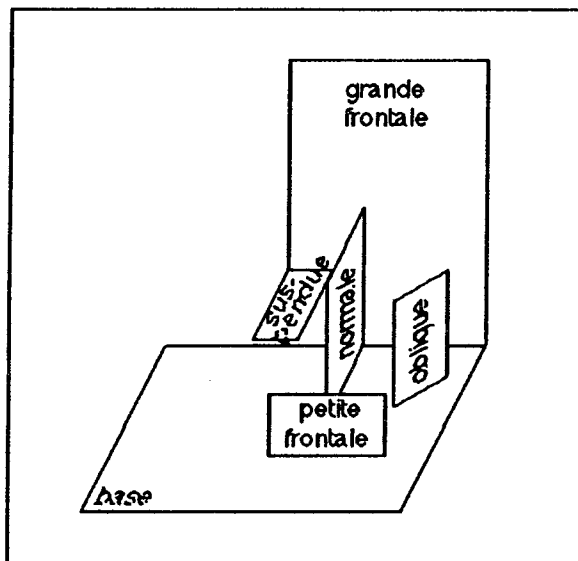
fig.VII.18 : Positions des plaques  
composantes

fig.VII.19 : nominations utilisées dans l'analyse

**A) Analyse du type de repérage****1) référentiels**

Dans la procédure de repérage utilisée dans ce message, on peut nettement distinguer un essai d'adaptation à la nouvelle situation, du système de repérage régissant Mac Space, qui a été utilisé au cours de la séquence.

*E : Attends, on réfléchit d'abord, sur ce qu'on va mettre... niveau... parce que on va essayer de faire ça avec des profondeurs, des hauteurs,...comme à l'ordinateur.*

*R : 3° coordonnée.*

La description se fait donc avec un langage faisant référence à celui de Mac Space ("3° coordonnée"), et à celui utilisé et instauré par la communauté au cours de la séquence avec ce logiciel. D'un autre point de vue, les élèves ont un recours constant à l'action de construction graphique qui aurait pour objectif de dessiner la maquette à l'aide de ce logiciel. Le réalisateur potentiel de la reconstruction est identifié à l'ordinateur, le message traduit le savoir-faire des élèves (construction avec Mac Space) en un savoir-faire-faire, où le facteur-cible, cette fois, est le réalisateur potentiel.

Comme sous les contraintes de conception à l'aide de Mac Space, la description est fondée sur l'entité "facette", notamment sur les plaques composant la maquette. Pour six plaques composantes, le message contient six informations nettement distinctes.

Aucune déclaration explicite de référentiels particuliers n'a été faite dans le message; de même, on ne trouve aucune unité de mesure : les distances et les dimensions sont exprimées par des chiffres sans unité. En fait, le message est resté tributaire des actions qu'un utilisateur de Mac Space devrait accomplir pour la construction de l'objet, dans un milieu identique à celui du logiciel, milieu où le système de référence relève du domaine propre à l'ordinateur, dans le partage ordinateur/utilisateur; l'utilisateur ne sera pas responsable de la détermination des référentiels, ni des unités de mesure. Ces dernières informations représentent une donnée implicite à découvrir, dans le milieu objectif qu'offre le logiciel. Ceci est révélateur de la représentation que se font les élèves de la tâche : à partir du moment où ils ont choisi d'adopter une procédure de construction avec Mac Space, leur message doit alors donner à un utilisateur potentiel les directives pour appliquer ce logiciel en vue de la construction de l'objet en question.

La plaque de base, définie par ses dimensions au début du message, partage, par sa direction, les autres plaques composantes en deux familles : celles qui sont perpendiculaires à la base, et celles qui lui sont parallèles; cette information est apparue systématiquement au début de la description de chacune des plaques composantes.

Des éléments du rectangle de base ont été privilégiés par les élèves comme des référentiels implicites :

- \* le bord frontal "devant",
- \* le bord normal "gauche",
- \* mais aussi le bord normal "droit" !

En effet, pour certaines des plaques (celles décrites par les informations 3, 4 et 5), le repérage se fait par rapport aux deux droites parallèles, supports des deux bords normaux, ce qui invite à dire que, pour cette direction, le message ne repose pas sur le choix net et explicite d'un référentiel fixe. Le statut du bord frontal "devant" est différent : il sert, quand il est correctement utilisé, de référentiel pour le repérage du "niveau" de profondeur des plaques frontales, comme dans le cas de construction avec Mac Space, dans la fenêtre de la vue de face.

Nous pensons que l'une des raisons pouvant expliquer ce fait est que, dans le cadre de la séquence avec le logiciel Mac Space, la prise de conscience du référentiel normal a été défavorisée par rapport à celle des deux référentiels frontal et horizontal; ceci peut, à son tour, provenir de plusieurs raisons :

\* Le référentiel horizontal est privilégié dans Mac Space par le privilège qu'a la fenêtre de la vue de dessus : c'est la fenêtre sélectionnée par défaut, ce qui invite à l'utiliser. D'autre part, ceci rejoint, d'autre part, une réalité physique, où l'espace perçu est conçu comme reposant sur un plan horizontal. La procédure de construction par Mac Space des solides repose sur la génération, à la base d'une facette directrice, d'une surface latérale (prismatique ou pyramidale); la génération se fait perpendiculairement au plan représentant la fenêtre contenant la directrice. La position la plus naturelle de ces objets étant celle où la surface directrice est la base de l'objet, la construction se fait souvent dans la fenêtre de la vue de dessus.

\* Le référentiel frontal est privilégié par la représentativité de l'objet par la vue de face; cette dernière donne, à la profondeur près, le plus de détail et de caractéristiques de l'objet. Dans le cadre de Mac Space, ce privilège peut dépasser celui du référentiel horizontal; en effet, la construction dans la fenêtre de la vue de face sera favorisée aux

dépens de celle de la vue de dessus, dans le cas d'objets dont la face présente des détails dont la vue de dessus ne peut rendre compte (par exemple, les étages d'un empilement de cubes).

\* Le référentiel normal est alors défavorisé car la vue de côté est la moins favorisée parmi les trois autres vues. Dans les pratiques en général, et au cours de la séquence en particulier, les objets à dessiner sont rarement, voire ne sont jamais, positionnés de façon que leur face représentative soit celle de côté. Avec Mac Space, la fenêtre de la vue de côté a rarement été sélectionnée (sauf dans les cas où il était impossible de résoudre le problème autrement : bordures de l'escalier, facettes normales d'une maquette); la détection et l'utilisation du référentiel normal s'est donc rarement présentée comme une nécessité ou une solution.

Pour mieux comprendre le système que ce binôme a adopté pour décrire la maquette, et repérer ses différents composants, abstraction faite de l'aspect communicatif du message et de son degré de clarté, analysons la nécessité et la suffisance des informations données pour chacun des composants; nous les analyserons donc du point de vue des intentions du binôme codeur, et pas de celui de la pertinence des informations pour le binôme réalisateur :

1) "base" : "rectangle de base (21;11)"

- direction : implicite, dans le fait que c'est le "rectangle de base"
- dimensions: explicites, non nommées, données sous la forme d'un couple entre parenthèses, rappelant la notation des coordonnées. Notons que, dans la séquence de travail avec Mac Space, la distinction n'est pas faite: les dimensions d'un rectangle en cours de construction ne sont autres que les coordonnées relatives du point courant.
- position : absente, pour deux raisons :
  - \* l'absence d'un repère détaché du contexte,
  - \* étant le premier rectangle à décrire, il n'a pas de position obligatoire; c'est par rapport à lui que les autres composants seront placés

2) "grande frontale" :

- direction : verticale par le fait de la perpendicularité à la base, mais non définie; la direction frontale est-elle implicite dans "placé à la profondeur" ? nous pensons que la réponse est : "pas nécessairement", d'après l'utilisation de cette expression dans d'autres circonstances (voir les informations ultérieures)

- dimensions : explicites, nommées coordonnées, données avec le codage des coordonnées; aucune correspondance n'est faite explicitement entre les directions des côtés et leurs mesures;

- position : le plan du rectangle est déterminé par rapport au bord frontal "devant" de la base, à condition de savoir qu'il est frontal. Sa position est donnée avec ambiguïté par "et à 8 du coin gauche"; implicitement, ceci veut dire que le sommet "gauche, en bas" de la plaque est à 8 cm du sommet gauche de la base, situé au même niveau de profondeur. Un implicite : le sommet "droit, en bas" de la plaque coïncide avec le coin droit de la base, situé au même niveau de profondeur. Cet implicite peut conduire à, et être renforcé, par une information sur les correspondances entre les deux mesures et les directions des arêtes : c'est l'arête horizontale qui aura pour longueur 13.

Pour cette plaque, les référentiels utilisés sont : la base pour la direction, le bord frontal "devant" de la base, et le "coin" de la base

### 3) "petite frontale" :

- direction : verticale par le fait de la perpendicularité à la base, mais non définie explicitement; elle est déductible d'après la direction du segment joignant les deux sommets appartenant au plan de la base, décrits par les informations (non structurées) suivantes :

- dimensions : explicites, nommées par une lettre "C" pour "coordonnées", données avec le codage des coordonnées; aucune correspondance n'est faite explicitement entre les directions des côtés et leurs mesures;

- position : le même procédé que pour la plaque précédente, avec la différence que, pour la plaque présente, le fait de la non-coïncidence avec un point de l'arête normale "droite" de la base a invité les élèves à expliciter la distance séparant cette dernière arête du coin "droit, en bas" de la plaque. Cette dernière information semble redondante, sauf qu'elle a un rôle pour lever l'ambiguïté sur les correspondances entre les directions des arêtes et leurs mesures.

Pour cette plaque, les référentiels utilisés sont : la base pour la direction, le bord frontal "devant" de la base, les deux bords normaux de la base

### 4) "oblique" :

- direction : verticale par le fait de la perpendicularité à la base, mais non définie explicitement; elle est déductible d'après la direction du segment joignant les deux sommets appartenant au plan de la base, décrits par les informations (non structurées) ultérieures.

- dimensions : absentes; l'une d'elles est déductible d'après les informations (non structurées) concernant les deux sommets situés dans le plan de la base.

- position : décrite par : "Pr. 7 (gauche) et 9 (droite)... du B. gauche". Une utilisation différente de la profondeur est à signaler dans cette information : alors que, dans les précédentes, elle était utilisée pour désigner la distance entre le plan d'une plaque frontale et l'arête frontale de la base, le rectangle présent est déterminé par la position de ses deux arêtes verticales par rapport, d'une part, au bord frontal "devant" de la base et, d'autre part, à ses deux bords normaux. Les élèves donnent donc (d'une façon non structurée) les coordonnées des deux traces de ces arêtes sur le plan de base, par rapport à un référentiel frontal, et à deux référentiels normaux.

#### 5) "normale" :

- direction : verticale par le fait de la perpendicularité à la base, mais non définie explicitement; serait-elle est déductible d'après les informations : "à 8 du bord droit et à 13 du bord gauche", et d'après le fait que :  $8+13=21$  (mesure de l'arête frontale du rectangle de base) ?
- dimensions : absentes
- position : Si la direction est interprétée comme mentionné plus haut, seule la position d'un sommet est déductible, d'après ses coordonnées : (Pr. 6 et à 8 du bord droit) ou (Pr. 6 et à 13 du bord gauche). L'utilisation particulière de "profondeur" est, là aussi, à signaler.

#### 6) "suspendue" :

- direction : déterminée par le parallélisme à la base.
- dimensions : explicites, nommées "longueur" et "largeur"
- position : seul le plan de la plaque est défini : le plan horizontal, situé à 5 cm de hauteur. Signalons ici l'utilisation particulière du mot "hauteur", qui ne désigne pas une dimension du rectangle, mais la distance entre son plan et celui de la base.

Récapitulatif de la procédure de repérage :

Le repérage se fait par rapport à plusieurs référentiels :

- \* le plan de la base,
- \* l'arête frontale du rectangle de base,
- \* les deux arêtes normales du rectangle de base.

Ceci confirme encore l'existence de sens privilégiés dans les deux directions : la verticale (de bas en haut), la normale (à partir du sujet et dans le sens de la profondeur); par contre, dans la direction frontale, les deux sens sont équivalents.



Une procédure de repérage systématique pour les rectangles perpendiculaires à la base :

1) la profondeur, à laquelle les élèves accordent un sens particulier : c'est la distance entre : l'arête frontale "devant" de la base, d'une part, et, d'autre part, selon les cas :

- l'arête horizontale de la plaque, contenue dans le plan de base, dans le cas où le plan de la plaque à repérer est frontal,

- le sommet le plus proche du référentiel dans le cas où le plan de la plaque est normal,

- les deux sommets appartenant au plan de base, dans le cas où le plan de la plaque est oblique (dans ce cas, deux profondeurs sont données, avec les spécifications "gauche" et "droite").

2) la distance, à chacun des deux bords normaux du rectangle de base (gauche et droite), de l'élément de la plaque qui en est la plus proche.

Les dimensions ne sont communiquées que pour la base et les plaques frontales.

## 2) rôle du type d'objet

Notre choix de la maquette avait pour objectif de donner un objet intermédiaire entre les deux autres maquettes : alors que la première (maquette décrite par Rachel et David) comporte trois plaques "de grande taille" dont la disposition préserve l'intégrité de l'objet, et la deuxième (maquette décrite par Olivier et Stéphane) ne comporte que des plaques "de petite taille" disposées sur une plaque de base, la maquette étudiée ici comporte deux plaques "de grande taille", perpendiculaires l'une à l'autre.

Relativement aux deux autres maquettes, cette composition rend moins probable les deux types de repérage apparus chez les deux autres binômes. Par contre, l'objet peut être conçu comme un assemblage de plusieurs facettes, du type rencontré le long de la séquence de dessin avec Mac Space; l'entité "facette" est très présente, de par :

- \* l'existence de facettes "de grande taille",
- \* la non-connexité des frontières de ces facettes avec d'autres éléments de la maquette, ce qui leur procure une indépendance et renforce leur identité de facettes,
- \* la simplicité des relations existant entre les différents composants de la maquette, ce qui préserve leur identité de facettes relativement indépendantes les unes des autres.

Nous pensons que ces caractéristiques ont joué un rôle dans le type de repérage, inspiré de l'activité de dessin avec Mac Space, et adopté par les élèves. D'autre part, le nombre réduit de plaques composantes ne pose pas assez de contraintes pour orienter vers

la recherche d'un système formel pouvant intégrer une description systématique; pour six plaques composantes, une description individuelle de chacune, selon ses caractéristiques particulières, est envisageable.

Les deux plaques "de grande taille" seront les plaques principales dans le choix que les élèves feront de la position de l'objet : l'une d'elles sera la base de l'objet; l'autre sera, selon notre analyse a priori, frontale, et située de l'autre côté de la base; en effet, frontale car : de taille trop importante pour être "vue" de côté, trop d'information et de représentativité de la composition de l'objet en seront perdues; située de l'autre côté de l'objet, car sinon elle masquerait d'autres plaques (fig.VII.20, VII.21).

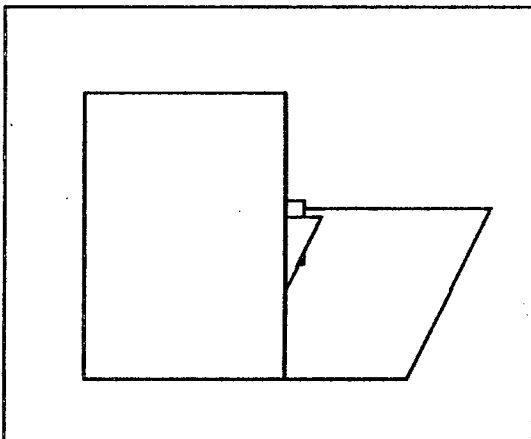


fig.VII.20

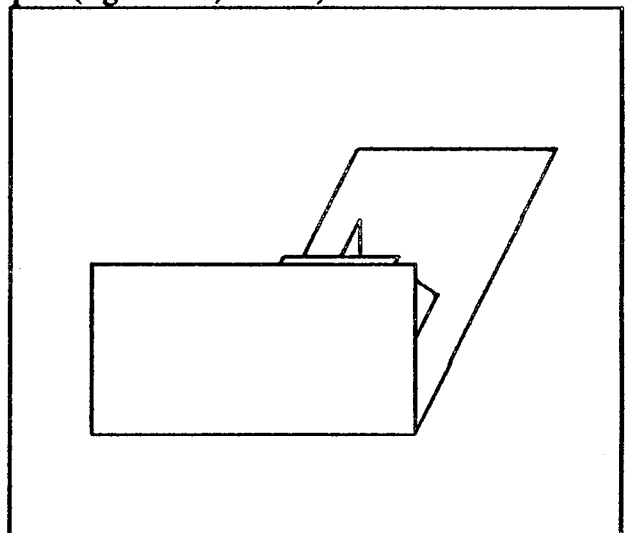


fig.VII.21

Deux positions de l'objet sont alors possibles selon le choix de la plaque base :

La première est la position effectivement choisie par les élèves (fig.VII.17, VII.18, VII.19); la deuxième (fig.VII.22) :

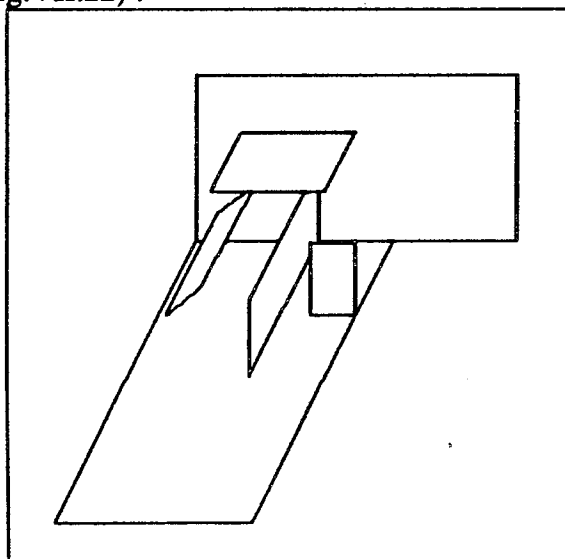


fig.VII.22

Parmi ces deux plaques "de grande taille", le choix fait par les élèves accorde le statut de base à celle ayant la surface la plus petite. Nous supposons que des raisons plus importantes que la taille sont derrière ce choix :

\* un des rôles importants de la base est de délimiter un espace propre à l'objet : ce dernier doit se situer en entier dans l'espace délimité par la surface prismatique ayant pour directrice la frontière de la base; ceci ne pourra être vérifié que par le choix présent;

\* avec ce choix, l'objet est plus large que profond, donc mieux contrôlable (la vue de face, vue la plus représentative, est plus grande; moins d'objets cachés par d'autres);

\* dans la position choisie, les plaques frontales sont de plus grande taille que celles qui seraient frontales dans l'autre position; d'autre part, la projection sur le plan frontal, donc la vue, de la plaque "normale", normale dans les deux positions, et qui se réduit à un segment, aura une dimension plus grande. Encore plus, la projection de la plaque oblique sur le plan frontal est un rectangle, dans la position choisie, tandis que, dans l'autre position, elle serait un segment oblique; d'autre part, il est plus usuel d'avoir une plaque frontale ayant un support horizontal plutôt que frontal (surtout si ce support est la plaque de base).

En somme, parmi les deux positions probables, la position choisie est celle qui offre le plus d'informations.

Dans notre choix de la composition de la maquette, nous avons accordé de l'importance à la présence de la plaque oblique; en effet, une description basée sur l'entité "rectangle" étant probable, vue la réduction du nombre de facettes, la présence de la plaque oblique avait pour objectif de bloquer les procédures de description visant à situer d'emblée le rectangle, par rapport à l'un des référentiels, structurés tous dans les trois directions du trièdre trirectangle. Pour une plaque oblique, l'adoption de composants plus élémentaires que le rectangle est obligée (arêtes, sommets), une procédure plus analytique est, par conséquent, envisageable. En fait, on remarque dans le message une ébauche d'utilisation, pour cette plaque, d'un système de coordonnées par rapport à un repère plan; cette tentative a été bloquée par la non-unicité d'un référentiel normal; les deux sommets de la plaque, appartenant au plan de la base, sont repérés par leurs ordonnées respectives : "à la pr. 7 (gauche) et 9 (droite)", et par leur distance respective, l'un au bord normal gauche de la base, et l'autre au bord normal droit : "à 1.5 du B. droit et à 17 du B. gauche".

### 3) Objets géométriques fondamentaux

Dans le message présent, l'objet fondamental de la procédure de description est le rectangle; l'objectif principal est de situer les plaques composant la maquette les unes par rapport aux autres, et surtout par rapport à la base. Même lorsque, ne pouvant être réalisé autrement, le repérage a pour objet un composant d'un rectangle, ce composant n'est pas nommé, il reste implicite dans l'information, qui vise, en réalité, à situer le rectangle. Exemples :

- information n°2 : "rectangle..... placé à la profondeur 11 et à 8 du coin gauche". Pour les deux informations formulées ici, coordonnées par la conjonction "et", l'adjectif "placé" est épithète du rectangle décrit. Or, la 2° information n'en concerne que l'arête verticale gauche, voire le sommet "gauche, en bas".

- information n°3 : "rectangle.... placé la pr. 3.7 et à 3 du bord droit et à 10.5 du bord gauche". La même relation linguistique, que dans l'exemple précédent, lie les trois informations formulées ici au rectangle décrit; or, la 2° information n'en concerne que l'arête verticale droite, voire le sommet "droit, en bas", et la 3° n'en concerne que l'arête verticale gauche, voire le sommet "gauche, en bas".

- Une analyse analogue, plus longue, peut être faite de l'information n°4.

Dans l'utilisation du mot "placé" on retrouve la conception dynamique du positionnement des composants au sein du logiciel Mac Space (le rôle de la "3° coordonnée").

#### B) Analyse dynamique et évolution du type de repérage

A la différence avec les autres binômes, un conflit long et complexe a opposé les deux élèves de celui étudié ici tout le long de leur interaction. Malgré leur accord, survenu rapidement dès le début de leur recherche, d'utiliser "*des profondeurs, des hauteurs,.... comme à l'ordinateur*", ce conflit s'est installé, mais il est resté latent pendant quelque temps.

Par cet accord :

E: Mettons que ça, c'est le niveau zéro (il indique le bord frontal "devant" de la plaque de base, R. comprend que c'est le plan de la base)

R: oui

E: donc, niveau zéro (pour la plaque de base),.... niveau 11 (pour la plaque frontale de grande taille),.... (...) ..On va faire comme ça...alors...bon là, base : niveau zéro, rectangle 11... euh...

21... voilà... niveau 11, rectangle, hauteur 18.5, largeur 13,... puis ensuite... alors, sur base...  
non...

R : Niveau.... Niveau 4... non... 3.7... niveau 3.7... ("petite frontale")

Dans la suite, le conflit a porté sur les informations considérées nécessaires, pour chacun des deux élèves, à la formulation du message, au sein de la même procédure de description; l'explicitation de deux informations principales, liées l'une à l'autre, est impliquée :

- \* le référentiel représentant le niveau zéro, dans chacune des trois directions principales de l'espace;

- \* la vue, selon laquelle on "dessine" le composant à décrire.

Alors que Richard considère que cette explicitation est indispensable. Derrière ses propositions, on peut repérer l'exigence acquise le long de la séquence Mac Space (direction de la plaque ---> fenêtre ---> direction selon laquelle se fait la mesure ---> valeur de la 3<sup>e</sup> coordonnée).

Eric s'oppose au changement de point de vue et de référentiel que le travail selon trois vues différentes exigerait; encore plus, nous ne trouvons pas, chez lui, une prise de conscience du fait que de telles précisions font partie intégrante de l'activité de dessin avec Mac Space. Il nous semble repérer une régression vers un stade où la signification qu'Eric attribue à "niveau" est liée à une direction particulière de l'espace : celle de la profondeur.

Dans le passage de dialogue précédent, et malgré l'impression qu'avait chacun des élèves d'être en accord avec l'autre sur les référentiels, il y a un décalage important dans la représentation que se fait chacun de la procédure de description :

R: oui, mais il faut préciser que ça, c'est le niveau zéro (il indique un plan vertical virtuel, passant par le bord frontal "devant" de la plaque de base)

E: oui, oui... après, on précisera

Richard insiste sur l'explicitation d'un référentiel pour chacune des familles de plaques; là, il rappelle la nécessité de préciser le référentiel de niveau zéro pour la famille de plaques frontales. Par contre, notre hypothèse est qu'Eric se fait une autre représentation de la procédure de repérage : l'objet sera, pour la description de tous ses composants, vu de face, le référentiel est le bord frontal "devant" de la base (ou un plan vertical virtuel contenant ce dernier); par "niveau", il veut exprimer la distance de ce référentiel à l'arête de la plaque, contenue dans le plan de base. De cette façon,

\* la base sera au niveau zéro, non parce qu'elle représente le référentiel "en hauteur", pour les plaques qui seront décrites en vue de dessus, mais parce que son arête frontale "devant" est au niveau zéro par rapport à ce référentiel,

\* la plaque frontale "de grande taille" sera au niveau 11, non parce que la distance de son plan au référentiel frontal est de 11, mais parce que 11 est la distance à ce référentiel de son arête contenue dans le plan de base,

\* de même pour la plaque frontale "de petite taille".

Les propos qui ont suivi, et les difficultés rencontrées par Eric, confirmeront cette hypothèse; nous pensons que ce problème est intimement lié à un manque d'abstraction de "niveau" qui, dans le langage développé au cours de la séquence avec Mac Space, acquiert une signification de plus en plus abstraite et généralisée, de manière à désigner la mesure, selon chacune des directions principales de l'espace, de la distance à un référentiel perpendiculaire à cette direction. "Niveau" peut donc désigner, selon les cas : "profondeur", "hauteur" ou "profondeur latérale", déterminant, à chaque fois, un plan de traitement, parallèle respectivement à un plan du trièdre trirectangle : frontal, horizontal, normal.

Voulant commencer la formulation du message :

*E: bon, vas-y.... bon, base de la figure... euh... niveau... on va mettre profondeur, au lieu de niveau*

Donc, en un premier temps, "niveau" signifie, pour Eric, la profondeur. Cette signification n'a pas tardé à changer, avec la plaque "grande frontale" :

*E: non, non, on voit tout en vue de face, on le précisera*

*R: En vue de face; tu vas dessiner ça en vue de face ?! (il parle de la base)*

*E: Tais-toi...niveau 11,...non...niveau 0, (il parle de la grande plaque frontale)*

*R: Non, niveau 11.*

*E: Ah non, ça marche pas, ce machin...comment on a dit...niveau zéro...*

*R: Non, on a dit niveau 11.*

*E: Profondeur...oui...*

*R: Ça part de là, hein ? (bord frontal "devant de la plaque de base)*

*E: Oui, mais niveau zéro à partir de la table.*

*R: Oui, mais tu vois tout en vue de face.*

*E: Oui...attends...profon...hauteur...profondeur 11,...hauteur...oui, mais ça ne va pas, parce qu'ils vont croire que ça va être encore comme ça (horizontal), il faut qu'ils savent que ça monte*

Dans cet extrait de dialogue, on retrouve l'obstacle que nous avons analysé au cours de la séquence Mac Space : l'obstacle "plan de la facette" : "niveau zéro à partir de la table". Nous retrouverons une expression encore plus explicite de cet obstacle dans un extrait suivant.

Le même problème se pose pour la plaque "petite frontale" :

*E: comment faire?... attends.. il faut qu'on mette: rectangle; niveau zéro; de coordonnées 11 et 21 (c'était pour la base)... bon, ensuite, rectangle niveau zéro, profondeur 11, de coordonnées 18.5; 13.. (c'était pour la "grande frontale") là.... rectangle niveau zéro, toujours ("la petite frontale") ... ah non, il faut dire qu'il monte.... comment dire qu'il monte?*

Face à ce problème Eric tente une autre façon de décrire la plaque "grande frontale" :

*E: attends... niveau zéro, profondeur 11, longueur 21.... de niveau 0 à niveau 18,.... c'est comme ça; rectangle de hauteur 18.6 ... non... de niveau zéro à niveau 18.6, et de longueur.... 13...*

Dans cette tentative, "niveau" signifiera "hauteur"; en l'utilisant deux fois de suite, pour deux arêtes horizontales de hauteurs différentes par rapport au plan de base, la description de la plaque procède à une action de recouvrement de l'espace par une surface, définie par ces deux arêtes comme frontières (analogie avec l'expression tant utilisée par les élèves au cours du dessin avec Mac Space : "elle va de là à là"), et par une dimension (la hauteur 13).

Cette action de recouvrement, liée à l'obstacle "plan de la facette", est confirmée plus tard :

*E: niveau zéro,.... profondeur 11, longueur 21; partir du niveau zéro, hauteur 18.6...*

*R: moi, je trouve faux de faire ça en vue de dessus, parce que tu ne peux pas le... tout à l'heure, on l'a fait en vue de face, et on n'arrivait pas à s'en sortir autrement (il parle de la séance de construction collective d'une maquette avec Mac Space)*

*E: attends... niveau zéro, profondeur 11, longueur 21... de niveau zéro à niveau 18.6, et de longueur 13.... bon, là il faut dire qu'il est décalé par rapport à ça,....*

Ce problème de manque d'abstraction de la notion de "niveau" devient encore plus explicite, lorsque Eric décida d'accepter la discussion de la procédure proposée vainement par Richard, pour la comprendre et peut-être l'appliquer (notons que cela n'a pas duré longtemps); essayant de tester sa cohérence, il retombe dans l'engrenage du sens accordé à "niveau" : est-ce la hauteur ou la profondeur ?

*E: bon; mais il est compliqué ton machin*

*R: il n'est pas plus compliqué que ce qu'on a fait, hein? parce qu'on a... vue de dessus (il parle de la base), vue de face (frontale "de grande taille"), et le reste, c'était en vue de côté.... là, tu reviendras juste une fois en vue de dessus (il parle de la plaque horizontale "suspendue")*

*E: qu'et-ce que tu mets ?... vue de face, rectangle 18; 13,...*

*R: 18; 13,...*

*E: et ton niveau, il est de combien?*

*R: de 11.... niveau 11*

*E: eh oui, mais alors zéro, ça ne correspond à rien (il revient sur ce qui a été écrit pour la base)*

*R: ben.... le niveau zéro*

*E: niveau zéro, c'est la profondeur, alors*

*R: mais on a appelé ça des niveaux.... profondeur zéro, ou niveau zéro si tu veux*

*E: oui... mais non, profondeur....*

*R: zéro.... t'es là, t'es devant (bord frontal "devant").... t'es là.... à 11, t'es ici*

*E: ben, oui... donc, il y a pas de niveau là; c'est la base*

*R: c'est la profondeur (iplaque frontale, il indique la distance qui la sépare du référentiel frontal)*

*E: oui, mais il n'y a pas de profondeur.... puisque la profondeur est indiquée par 11, alors c'est pas la peine de mettre niveau...*

Notons que, d'après cet extrait, Richard attribue à "niveau" sa signification abstraite et généralisée, pouvant désigner la mesure-repère dans chacune des trois directions principales de l'espace, selon le cas.

La dernière réplique d'Eric est significative de l'attachement d'Eric à accorder un sens précis à "niveau" : soit la hauteur, soit la profondeur; sa discussion avec Richard ayant détruit le sens de "hauteur" qu'il lui accordait, et instauré le sens de "profondeur", il revient sur une incohérence entre cette nouvelle conception, et ce qu'ils avaient écrit pour la plaque de base : "Niveau 0, rectangle L. 21, P 11" où P est l'initiale de "profondeur". Maintenant que "niveau" signifie la profondeur, et non plus la hauteur, et comme la profondeur de la base est donnée par 11, il n'y a plus de raison de parler du "niveau" de la base.

Outre le problème de la signification à accorder au mot "niveau", ou plutôt à la notion de "niveau", nous lisons, derrière cette réplique, et derrière d'autres d'ailleurs, un autre problème, relevant de la différence fondamentale entre les nominations qui peuvent désigner des dimensions de composants (des valeurs-mesures) ou des distances entre composants (des valeurs-repères).



- \* d'une part, ("profondeur", "hauteur"), désignant des mesures de dimensions de composants, dans les trois directions principales de l'espace,
- \* d'autre part, ("profondeur", "hauteur"), désignant des distances entre référentiel et plan de traitement.

Comme nous l'avions vu avec la séquence de Mac Space, cette distinction est fondamentale pour la construction d'un repérage. L'un des obstacles les plus importants à surmonter se trouve être, en fait, l'obstacle "plan de la facette".

Une fois ce sens de "profondeur" attribué à "niveau", il a été maintenu le long de la rédaction du message; bien que le mot "niveau" n'ait pas figuré dans la version définitive du message, et qu'il ait été remplacé par "profondeur", il est le mot utilisé pendant les discussions. Par exemple, lors de la rédaction des renseignements sur la plaque oblique :

*E: ...ensuite, on va faire celui-là ("oblique"), qui est le plus dur.... alors, rectangle,.... on va mettre deux niveaux, puisqu'il est comme ça; OK?... alors attends... 9... et.... 7 alors, rectangle,.... c'est un peu long, mais c'est pas grave....*

L'autre volet du conflit, lié à celui que nous venons d'exposer, concerne la nécessité de structuration de la description dans les trois directions principales de l'espace (selon les trois vues), et l'explicitation, pour chacune des plaques, de la vue selon laquelle elle est décrite. Dès l'organisation de la description de la plaque de base:

*R : Dans quelle vue ?*

*E : Attends...rectangle...euh...*

*R : En vue de dessus ?*

*E : Longueur...longueur 21,...euh...profondeur...on dira ce que ça vaut...*

*R: En vue de dessus.... en vue de dessus*

*E: non, non, on voit tout en vue de face, on le précisera*

*R : En vue de face; tu vas dessiner ça en vue de face ?! (il parle de la base)*

*E : Tais-toi...niveau 11,...non...niveau 0, (il parle de la grande plaque frontale)*

Tout au long de leurs discussions, Richard répète sa proposition de déterminer la direction d'observation, surtout lorsque la description présente des contradictions ou des ambiguïtés; cette proposition se heurte à la détermination d'Eric de ne pas adopter cette procédure, et à son opposition à changer de référentiel ou de direction de vue :

*R : Ben, justement, ça, tu mets en vue de dessus et ça, tu le mets en vue de face...quand tu vois de là, tu vois ça en vue de dessus, et ça en vue de face.*

*E : Mais...il faut tout décrire...tu ne peux pas décrire un morceau en vue de dessus, un morceau en vue de face, et un morceau en vue de côté, c'est pas possible.*

Cet attachement à une direction de vue bien déterminée résiste même à la perte d'informations, dans le cas où la "vue" d'une plaque se réduit à un segment; alors que Richard le donne comme un contre-exemple (en faisant peut-être le lien avec l'activité de dessin avec Mac Space), Eric est prêt à décrire le "trait" qu'est la vue de la plaque :

*R: tu regardes ça.... quand t'es en vue de face, tu vois un trait*

*E: ben, oui; il faut le dire, qu'il y a un trait.....*

Sans pouvoir s'imposer, la proposition de Richard revient en force lorsque la procédure d'Eric se heurte à des problèmes, concernant surtout la communication des directions des plaques :

*(pour la description de la plaque "grande frontale")*

*E: (...) ah non, il faut dire qu'il monte... comment dire qu'il monte?*

*R: pour que ça monte, il faut que ça, ça soit en vue de dessus, et ça, en vue de face*

*E: non, c'est pas bien ton machin, j'aime pas*

*R: eh ben, tu ne pourras pas faire*

*E: si.... on peut faire par..... attends... (...) c'est trop compliqué... ça va nous faire un texte gros comme ça*

*R: comment tu ferais alors?*

*E: il doit y avoir d'autres moyens.... attends....*

Ce dilemme a continué pendant tout le temps où les deux élèves ont discuté de la forme que la procédure de description doit prendre, en l'appliquant aux trois plaques : la base, et les deux plaques frontales. Un argument constant de Richard se basait sur la procédure de représentation graphique d'un objet du même type, avec le logiciel Mac Space.

*R: moi, je trouve mieux de faire ça en vue de dessus, parce que tu ne peux pas le... on n'arrivera pas à s'en sortir autrement*

Ses propositions sont restées sans écho, deux obstacles empêchaient Eric de les accepter : l'opposition au changement de point de vue et la centration sur la vue de face, d'une part, et l'obstacle "plan de la facette" d'autre part.

### C) relation entre le type de repérage et la formulation du message

Une première remarque peut lier la formulation de ce message au type de repérage utilisé, et aux objets géométriques fondamentaux à ce type de repérage : l'absence de toute désignation des différents composants de la maquette, par des lettres ou des codes symboliques. En effet, la maquette a été considérée d'emblée comme un assemblage de six plaques rectangulaires; aucun composant plus élémentaire n'a été identifié ou détaché de son contexte; d'autre part, la désignation des composants étant, entre autres, une solution à des systèmes de renvois langagiers compliqués, cette dernière contrainte ne s'est pas avérée assez forte, vue la simplicité des relations entre les plaques composantes.

Le langage utilisé dans ce message a été fortement conditionné par le langage développé au cours de la séquence de représentations graphiques à l'aide du logiciel Mac Space; ceci, dès que la décision a été prise d'adopter la procédure de construction avec ce logiciel :

*E : Attends, on réfléchit d'abord, sur ce qu'on va mettre... niveau... parce que on va essayer de faire ça avec des profondeurs, des hauteurs,...comme à l'ordinateur.*

*R : 3° coordonnée.... (...) ....*

Ce registre étant choisi, le souci des élèves, en un premier temps, est d'attribuer des valeurs à des variables comme "3° coordonnée" et "niveau", pour chacune des plaques composantes. C'est cette opération qui orientera la structuration de la procédure même de repérage, et qui guidera les longues discussions, au cours desquelles le désaccord sur la signification de la notion de "niveau" démasque des désaccords sur la procédure même de description.

Quelques-unes des différentes significations attribuées à "niveau" par les élèves, et surtout par Eric qui, à chaque fois, a imposé sa formulation, peuvent être détectées par les différents essais, avant la version définitive :

Dans "Essai 1" : "Niveau 0, rectangle //// L. 21, P11

Niveau 0 P11, H "

"Niveau" désigne ici le niveau de hauteur; pour la base, il peut désigner le niveau de hauteur du plan, mais cette signification change, avec la description inachevée de la plaque "grande frontale" : c'est le niveau de hauteur à partir duquel un utilisateur de Mac Space devrait commencer une action de dessin de cette plaque. Pour un message déclaratif, tel que celui-ci, il désigne le niveau de hauteur de l'arête horizontale contenue dans le plan de base. Encore une fois, c'est l'obstacle "plan de la facette", déjà défini : le "niveau" signifie la "3<sup>o</sup> coordonnée" du premier point à partir duquel la construction de la facette doit commencer.

L'initiale "P" est utilisée pour désigner "profondeur". La différence de directions entre les deux plaques décrites, non prise en compte par les élèves, a mené à une utilisation du même mot pour exprimer deux notions différentes : dans la première ligne, "profondeur" désigne une dimension d'un rectangle horizontal, donc, une mesure de l'espace matérialisé, tandis que, dans la deuxième ligne, il désigne une distance-repère : la distance séparant une plaque verticale frontale d'un plan frontal d'origine; c'est une mesure de "l'espace vide".

Sous la rubrique "Description", on voit une autre tentative de formulation qui a été abandonnée, sur proposition d'Eric, mais au désaccord de Richard; la ligne a été barrée :  
"Vue de dessus : rectangle (21; 11), niveau 0"

La formulation de cette ligne correspond au moment de la discussion où la procédure de Richard a pu s'imposer, ou au moins où Eric a accepté de la discuter :

Rapidement, et à cause de la nécessité de changer de direction de vue, à chaque étape de la description, cette procédure, et la manière de formuler qui lui est attachée, ont été abandonnées :

*E: non.... on peut pas prendre avec vue de dessus, vue de face, c'est trop compliqué.... tu mets simplement avec des mots français: rectangle de base,...*

*R: c'est pas français, vue de dessus ?*

*E: rectangle perpendiculaire au rectangle de base, de hauteur 18.6, de longueur 13, et il faut dire qu'il est dans le coin là.... avec 8 là (distance au coin gauche du rectangle de base).. placé à 8,... oui, on va faire comme ça, parce qu'il est trop compliqué, ton machin...*

"tu mets simplement avec des mots français" est significatif; en fait, c'est une décision d'abandonner le registre correspondant à la séquence de travail avec Mac Space, et le système de codage correspondant; "mots français" peut être interprété ici comme le répertoire des élèves avant que ce registre soit développé. C'est à partir de ce moment que

le mot "niveau" disparaît, pour être remplacé par "profondeur" ou "hauteur" : "niveau... on va mettre profondeur, au lieu de niveau", des mots comme "placé, coin, bord,..." apparaissent. Le message, toujours descriptif et déclaratif, devint le résultat de l'insertion de certains codes mathématiques (faisant, pour les élèves, partie des "mots français"), dans des phrases en langage naturel.

On peut analyser, en liaison avec la décision des élèves d'utiliser "profondeur" pour "niveau", l'évolution de leur formulation des distances-repères, dans, et à l'intérieur, de la version définitive du message : ces valeurs-repères, ou "niveaux", sont explicitées pour chacune des plaques (sauf celle de base); pour les plaques verticales, elles sont désignées par "profondeur" ("placé à la profondeur" pour celles frontales ou presque, "à la profondeur" pour celle normale); pour la plaque horizontale, elle est désignée par "hauteur" ("de hauteur 5"). Cette dernière désignation, donnant l'impression que cette hauteur est une mesure liée au rectangle même et non à sa position, marque, à nouveau, une confusion entre les distances-repères et les distances-mesures; nous pensons que ce problème est lié à celui du degré d'abstraction de la notion de "niveau"; en effet, restreinte à la notion de "profondeur", elle doit mener à deux utilisations différentes des mots "profondeur" et "hauteur", même quand ils désignent, tous les deux, des distances-repères.

Avec "des mots français", les élèves essayent de trouver le moyen pour exprimer les différentes directions; lors de la formulation de la description de la plaque frontale "de grande taille", la recherche porte surtout sur une formule pour exprimer que "ça monte", par opposition à la base, horizontale. Une relecture par les élèves codeurs de l'information correspondante donnera une idée de la représentation qu'ils se font de l'interprétation anticipée par des élèves décodeurs :

*E: bon... rectangle... parce que sinon, on ne s'en sort pas..(il écrit)... donc, il ne peut être que là, puisqu'il est perpendiculaire à profondeur 11, et il ne peut être que là, puisqu'il est à 8 du coin gauche,... et... coordonnées... et comme il est perpendiculaire, 18.6 ne peut être qu'en hauteur; OK?*

Il est clair que les élèves, dans une telle interprétation, comptent sur plus d'un implicite (on en a parlé de quelques-uns dans "dynamique et évolution"); un de ces implicites renforce notre hypothèse sur le fait que l'un des rôles de la base est la délimitation de l'espace de l'objet; en effet, l'arête de mesure 18.6 ne peut être qu'en hauteur car sinon, elle déborderait en dehors des limites définies par le rectangle de base.

Malgré la décision d'abandon du registre de Mac Space, le message est resté sous l'influence de la procédure de construction graphique propre à ce logiciel, comme on l'a déjà vu dans le paragraphe "Analyse du type de repérage". Nous pensons qu'un exemple peut être donné par l'utilisation du mot "coordonnées" pour désigner "dimensions"; en effet, dans la pratique de la construction graphique d'un rectangle avec Mac Space, les variations des dimensions de ce rectangle avec le déplacement du curseur sont données, après validation du premier sommet, par les variations des coordonnées relatives du point courant (deuxième sommet non encore validé) par rapport au dernier point validé (premier sommet déjà fixé). La pratique consiste donc, dans le cas de construction d'un rectangle à dimensions déterminées, à valider le deuxième sommet dès que les "coordonnées" affichées sont égales à ces dimensions. Nous pensons que cette identification (dimensions /coordonnées relatives) peut expliquer l'utilisation de "coordonnées" pour désigner les dimensions.

*E: on va mettre les coordonnées 11 et 21.....*

#### D) Evaluation par les élèves de leur propre formulation:

La concision était l'un des critères d'évaluation, par les élèves, des différentes procédures et formulations possibles du message :

*E: non, c'est pas bien ton machin, j'aime pas... c'est trop compliqué... ça va nous faire un texte gros comme ça*

Ce souci a accompagné la formulation des informations correspondant à chacune des plaques composantes. D'autre part, une non-confiance peut transparaître à travers leurs propos, dans lesquels ils essayent d'anticiper l'interprétation par les élèves décodeurs; pour la plaque "oblique", par exemple :

*E: on va mettre deux niveaux, puisqu'il est comme ça, OK?... alors attends.... 9.... et 7; alors, rectangle,.... c'est un peu long, mais c'est pas grave... rectangle perpendiculaire toujours (il continue à écrire les informations, en lisant)... s'ils comprennent pas, tant pis.... voilà.... après, il reste quoi? (il continue)... s'ils comprennent, chapeau....*

A la fin du message, et au cours d'une relecture des informations, cette angoisse de l'ambiguïté est plus explicite : dans l'extrait de dialogue suivant, on peut remarquer que Eric avait réussi à détacher et à distinguer les points significatifs de leur contexte, mais ne les a pas exprimés en tant que tels dans le message.

*E: l'ennui, c'est que... ils vont croire que c'est que ce point-là, et en fait, c'est... un d'un point là, et un autre d'un point là (en fait, il s'inquiète de l'existence de deux référentiels pour le repérage des deux sommets: les support des deux arêtes normales du rectangle de base).*

*R: oui, c'est ça le problème*

*E: il y a que ça qui cloche*

*R: on va rajouter*

*E: oui; mais pour rajouter, bonjour les dégâts..... là, l'autre,....*

*R: ben, il est à 19.5, ce point (il a calculé: 21-1.5, pour trouver la distance du sommet à l'arête normale "gauche" du rectangle de base)*

*E: de quoi?... de celui-là...*

*R: oui; si t'es à 1.5 de là (de l'arête normale "droite")*

*E: mais... que je mette du bord droit ou du bord gauche, c'est la même chose*

*R: comme tu veux... parce que tu disais un peu de ce coin-là et un peu de ce coin-là*

*E: ben, oui... alors,.... parce que... ils verront que ça marchera pas, donc, ils pourront dire que c'est ce point-là (en ironisant)*

Dans ce passage, l'angoisse de la non-reconnaissance, par les décodeurs potentiels, du fait que les mesures se font par rapport à deux référentiels de même direction, aurait pu amener à une évolution vers le choix d'un seul référentiel : le support de l'arête normale "gauche" du rectangle de base. Un tel changement aurait complété un codage par un système de coordonnées à deux dimensions, au moins pour la plaque en question; la crainte de bouleverser tout le message, et l'anticipation sur une possibilité d'essai-erreur dans l'interprétation des élèves décodeurs ont empêché cette évolution.

Cette inquiétude, portant sur la non-unicité de référentiel linéaire normal, a été généralisée pour toutes les plaques, cette généralisation étant déclenchée par la relecture des informations correspondant à la plaque verticale "normale" :

*E: mais on a un problème*

*R: pourquoi?*

*E: parce que... on a fait la même chose; celui-là (la plaque "normale"), on le voit d'un trait, et celui-là (la petite plaque frontale), il est... comme ça... et voilà.... c'est la faille de notre système.....(...)...*

*R: c'est toi... c'est toi, parce que t'as pas besoin d'en donner deux... si tu fais tout en vue de face, t'as pas besoin d'en donner deux (il veut dire: deux mesures)*

*E: oui, c'est vrai... rectangle.. profondeur 6,... (il relit ce qu'il a déjà écrit) oui, on fait ça... tant pis.... je ne pense pas que ça marchera, mais.... on verra bien*

En fait, la première inquiétude concerne la ressemblance dans la description de la plaque normale, avec celle frontale, malgré la différence de direction, prise en compte par Eric d'après la différence de vues : ("on le voit d'un trait, et celui-là, il est... comme ça..."). Suite à l'exposition de ce problème de ressemblance, celui de double mesure (par rapport aux deux support des arêtes normales du rectangle de base) surgit, et, par conséquent, la prise de conscience de la redondance de cette information; notons que cette plaque était la mieux placée pour mettre au clair ce problème, car elle a été traitée comme un cas particulier d'un problème général de redondance d'informations : cas où la somme des deux écarts aux deux référentiels est égale à la largeur de la base.

Encore une fois, la crainte de modifier complètement le message, déjà formulé et écrit, a empêché l'évolution vers une autre procédure ou, au moins, une autre formulation, malgré de la prise de conscience de quelques problèmes, et malgré l'évaluation négative qui transparait de temps en temps : "s'ils comprennent, chapeau....(...)...il y a que ça qui cloche ...(...)...mais on a un problème ...(...)...c'est la faille de notre système ....(...)...je ne pense pas que ça marchera, mais on verra bien"

### II.2.3. "Olivier et Stéphane":

(regarder le texte de leur message dans l'annexe)

Maquette qui leur a été proposée :

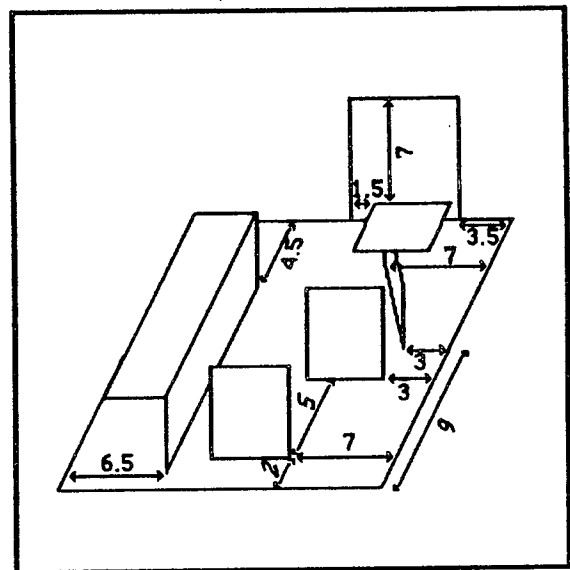
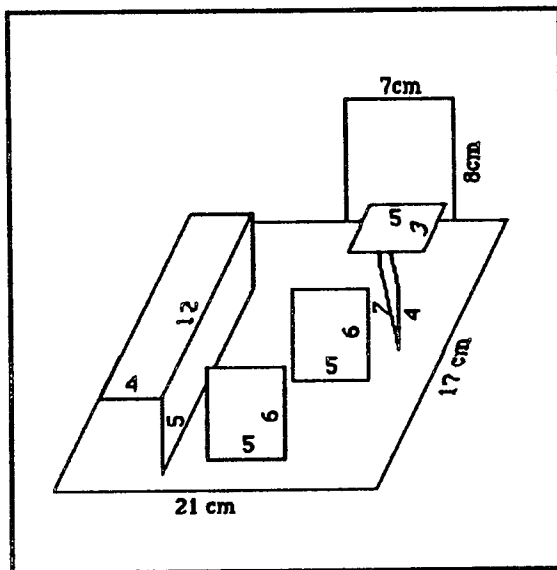


fig.VII.23 : Dimensions des plaques composantes      fig.VII.24 : Positions des plaques composantes



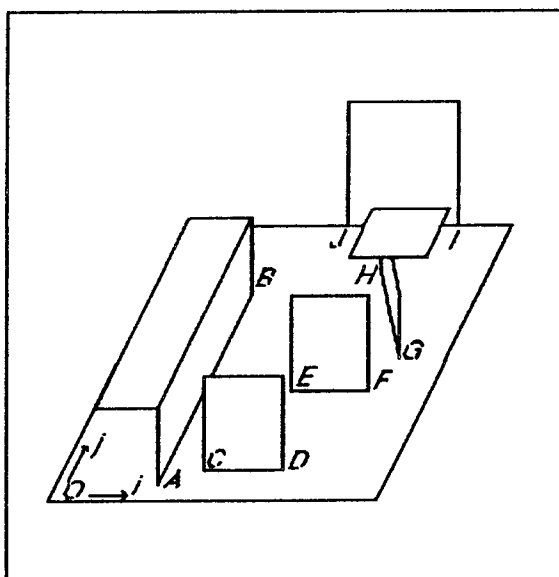


fig. VII.25 : Désignations utilisées par les élèves

Désormais, pour notre analyse, nous désignerons une plaque d'arête [A1,A2] par {A1,A2}. Quant aux plaques horizontales, non désignées par les élèves, nous désignerons la base par "Base", la plaque dont le support est {A,B} par "Plaque (1)" et celle dont le support est {I,J} par "Plaque (2)".

#### A) Analyse du type de repérage adopté dans le message

##### 1) deux blocs d'informations

Le message présent révèle un essai d'extension à l'espace tridimensionnel d'un système de repérage à deux dimensions; cette extension a pour objectif d'exprimer, à l'aide de ce système, des relations spatiales entre objets qui ne peuvent s'intégrer dans une direction plane.

Le type de repérage adopté par les élèves est basé sur le choix d'un référentiel : le plan de base de la maquette. C'est dans ce plan de référence, et par rapport à lui, que les éléments de la configuration seront repérés.

*"on dit qu'on fait tout parallèle... à.... par rapport à la base... on dessine tout en fonction de la base... par rapport à la base"*

Les composants de la maquette sont alors nettement partagés en deux catégories, que distingue une caractéristique : avoir, ou non, une intersection avec le plan de base (compte tenu du monde d'objets dont fait partie la maquette, cette intersection ne peut être autre

qu'une arête). La distinction entre ces deux catégories se manifeste, au niveau du message, par la séparation nette entre deux blocs d'informations :

1) **Le premier bloc d'informations** concerne la famille "des rectangles perpendiculaires à la base (O, i, j)". Comme l'indique cette phrase, les élèves ont identifié la base à un repère plan, dont ils ont choisi l'origine au coin "devant, gauche" de la plaque de base sans, pourtant, expliciter cet emplacement dans le message. Ainsi, les points significatifs de la maquette, contenus dans le plan de la base, ont été repérés par leurs coordonnées par rapport à ce référentiel identifié, détaché de son contexte, et fixé :

*"attention, c'est toujours par rapport au repère, là... d'abord l'abscisse, hein? puis l'ordonnée"*

Ces points repérés ne sont autres que les extrémités des arêtes de plaques, contenues dans la plaque de base. Notons que, mis à part les sommets de cette dernière, ils sont les seuls points significatifs de la maquette à pouvoir être codés dans le système de repérage adopté :

*"déjà, on peut dire les coordonnées de tous les points.. en deux... en deux dimensions, et ensuite on parle des rectangles..."*

Les plaques verticales de la maquette sont alors décrites comme étant des rectangles définis chacun par :

- \* une arête horizontale, dont les extrémités sont des couples de points codés par leurs coordonnées,
- \* une mesure : celle de la hauteur de la plaque en question.

De cette façon, les trois caractéristiques globales de chacune de ces plaques sont définies d'une manière unique :

- \* les dimensions, dont l'une explicite (la hauteur) et l'autre implicite (la largeur, déterminée par l'écartement des deux points définis);
- \* la direction, définie par la direction de l'arête contenue dans le plan de base, et la perpendicularité à la base;
- \* la position, déterminée par les positions des deux points extrémités de l'arête.

Bien que leur repérage soit possible dans le système adopté, les sommets de la plaque de base n'ont pas été repérés, ce qui peut s'expliquer par trois faits :

\* la base ne fait pas partie de la famille de plaques concernées par ce bloc d'informations, comme elle a été définie par les élèves : "rectangles perpendiculaires à la base". Son exclusion de cette famille s'oppose à la particularité de ses sommets d'être repérables dans le repère plan défini.

\* les élèves ont identifié la base de la maquette au plan de référence, ce qui explique le fait qu'ils la conçoivent comme une représentation concrète d'un objet abstrait n'ayant pas de limites, donc de dimensions. Ceci rejoint la notion d'infini sous-jacente, par exemple, aux deux axes qu'on dessine pour représenter un repère... d'autre part, cette identification donne un statut particulier à la base, qui l'exclut de l'ensemble des autres rectangles de la maquette et, par suite, de l'ensemble des objets à décrire.

\* les sommets de la plaque de base ne jouent pas un rôle fonctionnel, semblable à celui des points codés, ce qui révèle un fait important : ces derniers ont davantage été repérés pour leur fonctionnalité dans le repérage d'autres objets plus importants, que pour eux-mêmes; ils répondent à un besoin de supports intermédiaires, ce que ne vérifient pas les sommets de la base.

2) **Le deuxième bloc d'informations** concerne les deux plaques horizontales de la maquette; En effet, jusqu'à ce stade de la description, les objets décrits sont ceux que les élèves ont pu intégrer dans un système de repérage, bâti à partir du repérage dans le plan, et basé sur la propriété de connexité directe avec la base. Un tel système ne pourra intégrer les deux plaques horizontales de l'objet, n'ayant aucune intersection avec celle-là. On notera, pour la description de ces deux composants, une modification de la logique de description : ne pouvant exprimer ces deux plaques à l'aide du système de codes symboliques ainsi établi, le message est marqué par un recours, de nouveau (cf. § II.1.4), à la langue naturelle.

Dans cette partie du message, la description est aléatoire, et tributaire des prises de conscience progressives des informations qu'il est nécessaire de communiquer. Les seules informations apparues d'une façon systématique dans les descriptions des deux plaques sont celles qui les caractérisent comme ne faisant pas partie de la famille de plaques codées plus haut :

\* leur direction : "parallèle au plan" pour la plaque (1), "situé parallèlement à la base" pour (2).

\* leur caractéristique d'être "collées" à un autre rectangle donc d'avoir un support intermédiaire différent de la base et, par conséquent, n'ayant aucun élément repérable dans le repère plan construit.

Analysons enfin le caractère nécessaire et le caractère suffisant des informations données à propos de chacune des deux plaques, dans la détermination de leurs trois caractéristiques :

\* direction : elle est explicitement définie, comme on l'a déjà vu

\* dimensions :

- pour la plaque (1), elles sont explicitement données : "la largeur de ce rectangle est de 4 cm et la longueur est de 12 cm",

- pour la plaque (2), elles ne sont pas données explicitement; l'une d'elles est indéterminée, l'autre est déductible d'après d'autres informations concernant la position : "est situé à 1 cm à droite de l'arête gauche du rectangle d'arête [IJ] et s'arrête à 1 cm avant l'arête droite du rectangle d'arête [IJ]". Nous pensons que, par ces informations, l'intention de communiquer la dimension en question existait chez les élèves, ce que confirme l'aspect dynamique et mobile qui caractérise l'information "et s'arrête à 1 cm avant", qui évoque une délimitation d'une trajectoire imaginée de l'extrémité de l'arête dans la plaque-support, ayant peut-être pour but de déterminer la mesure de cette arête collée.

\* position : pour les deux plaques en question, les élèves ont essayé de déterminer la position par un ensemble d'informations non-organisées, pour lesquelles les élèves se sont heurtés à des problèmes de renvois progressifs.

- pour la plaque (1) : La première information "collé à l'arête opposé au segment [AB]" détermine le niveau de hauteur de la plaque, le support de l'une de ses arêtes et la direction des autres. Nous pensons que, pour les élèves, elle contient aussi un implicite : la coïncidence exacte entre "l'arête opposée au segment [AB]" et l'arête de la plaque (1) qui lui est collée. Cet implicite concerne donc :

\* d'une part, la longueur de cette dernière, qui sera la même que celle de "l'arête opposée au segment [AB]"; dans ce cas, l'information explicite donnée plus tard : "la longueur est de 12 cm" sera redondante;

\* d'autre part, la position des extrémités de cette arête qui, par contre, n'est ni explicitée, ni déductible par ailleurs.

A partir de ces informations, deux positions de la plaque (1), symétriques par rapport au plan de la plaque-support, sont possibles (fig. VII.26).

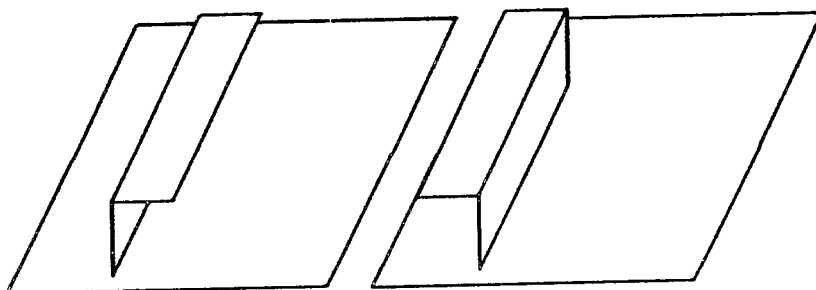


fig. VII.26

Pour lever cette ambiguïté, le message contient une information supplémentaire : "est situé du côté gauche du repère (O, i, j) c'ad à gauche". Outre son intérêt au niveau de l'analyse des éléments que les élèves trouvent nécessaires et suffisants pour situer la plaque, on peut lire, à travers cette information, une conception particulière d'un "repère" : une conception qui l'identifie à sa représentation matérielle par le dessin du triplet : origine et deux vecteurs unités

- pour la plaque (2) : les informations à propos de sa position se rapprochent des modèles d'action lors de la construction d'un tel élément avec Mac Space. "il est situé 1 cm au-dessus de la base" définit le plan horizontal, support du rectangle; en termes du langage du modèle d'action, cette information situe l'activité de dessin à un niveau de hauteur déterminé, ce qui correspond à la commande "3° coordonnée" avec Mac Space. L'action de valider le premier point extrémité par une position du curseur, et de déplacer ce curseur pour tracer l'arête et régler sa longueur est exprimée par l'information : "est située à 1cm à droite de l'arête gauche du rectangle d'arrête [IJ] et s'arrête à 1 cm avant l'arrêt droite du rectangle d'arrête [IJ]".

Le repérage des extrémités de l'arête d'intersection entre la plaque (2) et le "rectangle d'arête [IJ]" est fait par rapport aux deux arêtes verticales de ce dernier; il y a donc recours à des éléments de repérage relatif, ce qui indique un abandon du système de repérage déjà construit. Nous pensons que cet abandon est lié à l'opposition des élèves, à la mise en évidence de nouveaux éléments de la configuration; en effet, le recours au système de repérage déjà construit aurait nécessité :

\* soit la mise en évidence des projections M1 et M2 (fig.VII.27) des extrémités de l'arête intersection avec la plaque-support {I,J}, et le repérage de ces projections dans le repère (O, i, j),

\* soit la duplication mentale, à une hauteur de 1 cm (fig.VII.28), du rectangle de base, et du référentiel qu'il représente, pour pouvoir repérer, dans ce nouveau repère, les extrémités de l'arête d'intersection (ce qui correspond à la structuration stratifiée de l'espace).

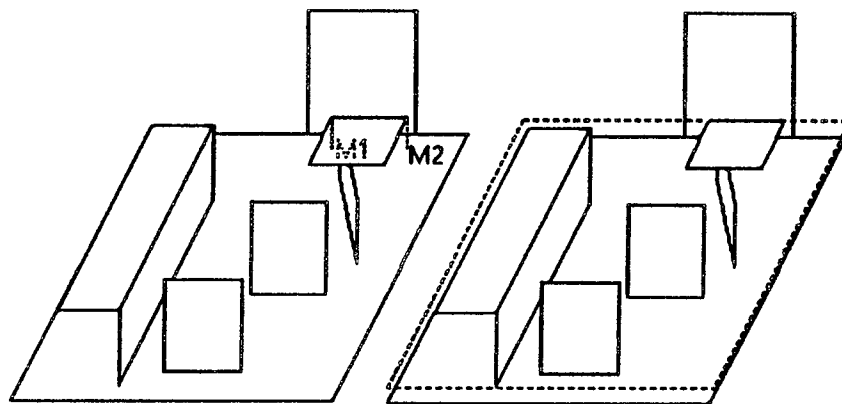


fig. VII.27

fig. VII.28

## 2) Rôle du type d'objet

La procédure de description adoptée dans le message est basée sur une conception de l'espace rejoignant nos prévisions lors du choix de la maquette : un plan de référence horizontal privilégié, auquel s'ajoute une direction verticale. Nous pensons que cette conception a été favorisée par la composition même de la maquette, cette dernière ne présentant pas de plaques verticales ayant des dimensions assez grandes pour briser son aspect non-intègre, qui a amené les élèves à le concevoir comme un assemblage d'objets "en hauteur" reposant sur une base horizontale :

*O: le.. le plan,... non, l'objet,... les objets,... sont... sur une base... sont posés sur une base,....*

L'espace sous-jacent est donc un espace non-isotrope. Cette caractéristique s'est avérée trop forte chez les élèves, et trop figée par la réalité physique, pour être dépassée, plus tard, par un changement de point de vue ou par un détachement du plan privilégié de référence vers d'autres, notamment les plans des deux plaques {A,B} et {I,J} qui servent comme support à d'autres.

En effet, nous avons espéré que la difficulté et la complexité des systèmes de renvoi nécessaires à la description en langue naturelle (comme on le voit bien d'après le deuxième bloc d'informations du message) amèneraient les élèves à une rupture temporaire avec le plan de référence horizontal, et à l'adoption d'autres plans (le plan de la plaque {I,J}, par exemple), qui permettraient la mise en œuvre d'une conception du rectangle analogue à celle utilisée dans le premier bloc d'informations. Or, cette opération est assez complexe, exigeant le dépassement d'une opposition au changement de plan de référence. Cette opposition fonctionne comme un obstacle; en effet, le choix et le maintien d'un référentiel fixe et détaché de son contexte a été, à un moment donné de l'activité, un moyen efficace

pour le repérage d'une famille de composants; l'adoption d'un autre référentiel exigera une destruction du premier, comme intermédiaire à l'intégration du nouveau, dans un système de référentiels cohérent.

Malgré les difficultés de renvoi et d'expression en langue naturelle, et malgré l'existence d'une plaque frontale plus ou moins grande, Cette conception de l'objet est renforcée par la composition de l'objet et son degré faible de connexité. En effet, les "vides" existant entre les composants de la maquette ne sont pas considérés par les élèves comme faisant partie de l'espace qu'elle occupe et, mise à part la base, seules les configurations connexes seront considérées comme objets indépendants; le nombre compté par les élèves des objets posés sur la base est significatif de cette manière de concevoir l'ensemble :

*"on dit qu'il y a 5 objets dessus"*

Or, d'après la composition de la maquette, il est clair que les rectangles {C,D}, {E,F} et {G,H} font partie de ces objets, mais aussi les deux configurations composées respectivement des deux rectangles ({A,B}, Plaque(1)) et des deux rectangles ({I,J}, Plaque(2)).

### 3) Objets géométriques fondamentaux et conceptions

Dans les deux blocs d'information que contient le message, on peut repérer deux classes d'objets fondamentaux au repérage :

1) Dans le premier bloc, la reconnaissance du problème comme un problème de repérage, faisant référence au répertoire mathématique, a imposé les points comme objets élémentaires et intermédiaires de l'opération de repérage; en particulier, les points extrémités des arêtes de rectangles, situées dans le plan de base de l'objet décrit.

Se basant sur cette famille de points, une autre catégorie d'objets géométriques est apparue : celle des arêtes des rectangles perpendiculaires à la base. Ce statut d'arêtes a été accordé à des "segments" mis en évidence à partir de couples des points repérés. Une telle transition est significative, au niveau de la reconnaissance d'un processus d'association d'un rôle particulier à ces arêtes, qui seront des objets intermédiaires de "passage" à l'espace tridimensionnel : les bipoints (A,B), (C,D), etc... ont un double statut nécessaire : celui de "segments" contenus dans le plan de la base et, par suite, repérables dans ce plan de référence, et celui d'arêtes de rectangles faisant partie de l'espace situé en dehors de ce plan.

Les arêtes ainsi définies auront un autre rôle important : la détermination de la direction des rectangles perpendiculaires à la base; en effet, l'information correspondante est basée sur un théorème en acte (Vergnaud 1981) : "la direction d'un plan perpendiculaire à un autre plan est déterminée par la direction de leur droite d'intersection" (dans ce cas, l'arête du rectangle en question)

Ordre de description des objets géométriques :

Points ---> segments <---> arêtes ---> rectangles

Donc, l'adoption d'un repère, parvenue suite à la reconnaissance du problème comme un problème de repérage, a favorisé la distinction, et le détachement de leur contexte, par les élèves, de points significatifs particuliers de la configuration, qui seront repérés. On assiste donc à un procédé de décomposition de l'objet mettant en évidence ces points, en vue d'une recombinaison ultérieure.

2) Dans le deuxième bloc d'informations, les objets géométriques utilisés sont : des rectangles, puis des arêtes de ces rectangles.

Ordre de description des objets géométriques : rectangles ---> arêtes

Donc, en comparant avec le premier bloc :

\* d'une part, les points ne font pas partie des objets détachés explicitement dans cette partie du message; même lorsque la nécessité l'a exigé, le repérage des points a été remplacé par celui d'arêtes, comme par exemple : "son arête qui touche la face du rectangle d'arête [IJ] est située à 1 cm à droite de l'arête gauche..."; cette information veut, en fait, situer le point, extrémité gauche de l'arête en question. Nous pensons que la nature des objets considérés par les élèves (ce ne sont plus des rectangles) et l'absence du repère, ont amené à une nouvelle difficulté de concevoir l'objet de manière analytique.

\* d'autre part, l'ordre de succession des objets géométriques est inversé, ainsi que le sens de leurs relations de détermination, sens de déduction des uns à partir des autres.

Nous pensons pouvoir expliquer ces changements par la modification de la procédure de description, résultant de la rupture avec le système de repérage analytique construit dans le premier bloc d'informations. L'identification et la décontextualisation des objets élémentaires (les sommets du rectangle par exemple) ne se posent pas comme une nécessité



dans la procédure de description avec le langage naturel; les rectangles se présentent alors comme les entités à situer par rapport aux autres composants de la configuration.

Par contre, en ce qui concerne les objets géométriques utilisés dans cette partie comme support de repérage des deux rectangles concernés, on remarque que ce sont surtout des arêtes des deux rectangles-supports; cette remarque nous mène à signaler un fait important : alors que les traitements selon les directions horizontales se font en deux dimensions, ceux dans la direction verticale ont tendance à être unidimensionnels; ceci rejoint la conception de l'espace sous-jacente à la procédure de repérage utilisée dans le message.

### **B) Analyse dynamique et évolution du type de repérage**

Dans la partie présente de l'analyse, nous poursuivrons les étapes évolutives qui ont donné lieu au système de repérage adopté, et nous insisterons en particulier sur les moments-clés d'apparition ou de modification de procédures de description.

Après positionnement de la maquette par les élèves pour choisir "*une bonne face*", la base a rapidement acquis un statut particulier de référentiel, par rapport auquel les autres composants seront situés :

*O: on dit qu'on fait tout parallèle.... à.... par rapport à la base... on dessine tout en fonction de la base... par rapport à la base*

*S: oui, mais.... côté longueur ou côté largeur?*

*O: perpendiculaire à la base,.. mais non, mais là, t'as le plan... c'est le plan, ça (il montre les deux rectangles horizontaux) .... on fait tout parallèle.... on fait tout par rapport à la base; ça, c'est perpendiculaire à la base,.. perpendiculaire, parallèle, perpendiculaire,....*

Un essai de structuration est à remarquer dans le passage précédent; il se manifeste dans l'essai de recherche d'une caractéristique commune aux plaques et qui puisse servir à les décrire (perpendiculaires, ou parallèles à la base?), puis prise de conscience qu'une telle caractéristique n'est pas vérifiée.

La question "côté longueur ou côté largeur?" révèle une prise de conscience de la non-unicité de direction, dans le cas des plaques perpendiculaires à la base; la composition de la maquette selon les contraintes du monde d'objets auquel elle appartient fait apparaître surtout les deux directions : frontale et normale.

C'est pour résoudre ce problème de multitude de directions de rectangles que :

*S: on fait d'abord la base... on explique qu'on va parler de 3... de deux dimensions déjà? sinon on va rien comprendre*

*O: 3 dimensions*

*S: non, deux... mais regarde, il y a la longueur et la largeur*

Là, on remarque une première apparition du théorème en acte dont on a déjà parlé : "la direction d'un plan perpendiculaire à un autre plan est déterminée par la direction de leur droite d'intersection" (dans ce cas, l'arête du rectangle en question).

Dans cette proposition de restriction temporaire à la base, la procédure en vue est de donner les directions et les dimensions (longueur ou largeur selon la direction) des arêtes de rectangles, situées dans le plan de la base. L'utilisation de termes "3 dimensions" et "2 dimensions" n'est pas liée à la dimension de l'espace conçu; en effet, la procédure en cours de construction envisage la description en langue naturelle des plaques, avec insertion des mesures; aucun signe d'intention d'utilisation d'un procédé analytique n'est apparu. L'utilisation de ces termes est, en fait, liée aux mesures des rectangles : parmi les trois dimensions que sont la longueur, la largeur et la hauteur, on ne parlera que des deux premières.

Une première formulation selon cette procédure de description a été engagée : tout au début du message, les élèves ont écrit une ligne qu'ils ont barrée par la suite : "la base est un rectangle de 21 cm de large". Dans cette tentative, les élèves auraient explicité les dimensions de la base, en la considérant comme un des composants de la maquette. Ceci confirme notre explication de l'omission d'explicitation des dimensions, ou les coordonnées des sommets de la base, dès que cette dernière a acquis un statut de plan de référence.

Aucune prise de conscience de la nécessité de décrire ou de communiquer la position des composants n'a encore eu lieu. Ce n'est qu'au moment de la mise en pratique de la description de la première plaque perpendiculaire à la base que :

*O: mais il y a aussi la profondeur*

*S: il faudra donner les coordonnées des points*

*O: les coordonnées, oui; c'est pas bête*

Le problème de "profondeur" exprime un problème plus large, dont les élèves n'avaient pas encore pris conscience : celui de la position des plaques, analytiquement décomposable en un problème de coordonnées de points. C'est à ce moment que la tâche a été reconnue comme un problème de repérage. De même, ce n'est qu'à ce moment que les objets "points" ont été identifiés comme objets de description, et qu'ils ont acquis un niveau d'abstraction qui les détache de leur contexte. Ceci résulte de l'engagement, après quelque réticence (voir § II.1.4), du registre mathématique des élèves, correspondant au repérage plan, comme nouvel élément de la situation. A partir de ce moment de reconnaissance, et au moins jusqu'à la fin de la formulation du premier bloc d'information, l'activité des élèves révèle un rapprochement avec la résolution d'un problème mathématique.

*O: moi, je voudrais être avec Rachel*

*S: pour les maths? (ils rigolent)*

*O: en maths, elle est la meilleure*

La proposition de donner des coordonnées a mené à la construction d'un repère, à travers la désignation d'une origine et de deux axes orthogonaux, selon les usages en repérage plan. La base de la maquette a été identifiée à la feuille de papier sur laquelle on résout un problème de repérage de points.

Ainsi, s'est accompli le premier bloc d'informations du message. La séquentialité des informations caractérisant cette partie fait transparaître chez les élèves une représentation et une anticipation de la procédure de reconstruction: bien que le message soit déclaratif et descriptif, la succession de ses informations cache une succession d'instructions pour une reconstruction pas à pas des éléments de la maquette, concernés par cette partie. Il nous semble qu'il y a là deux processus:

\* un processus descendant qui préside à l'identification, la décontextualisation et l'agencement de quelques éléments particuliers de l'objet pour construire un système de repérage; ce processus adopte, pour point de départ, les objets géométriques globaux (rectangles, segments), et va dans le sens de l'abstraction d'objets plus élémentaires (les points);

\* un processus ascendant qui préside à la manière dont la description a été communiquée par le message : les élèves n'ont révélé aucun signe de l'opération de construction du repère qui, après avoir été le résultat du processus précédent, servira de point de départ pour le processus présent; les objets globaux seront construits à partir des

objets élémentaires; donnons un exemple significatif de cette caractéristique ascendante : Le plan du repère n'a été déclaré explicitement, dans le message, comme étant celui du plan de base de la maquette qu'à la fin des informations concernant tous les éléments élémentaires contenus dans ce plan; ce n'est qu'à ce moment que les réalisateurs auront besoin d'accorder un statut aux éléments jusque-là construits par rapport aux autres éléments de la maquette.

Une des instructions de réalisation progressive reste implicite : celle correspondant au découpage des rectangles, dont la mesure de l'une des arêtes sera à déduire des écarts de points matérialisés sur le plan du repère. Cette instruction est d'autant plus détachée de l'action de construction ultérieure que l'information correspondant à la mesure de l'autre arête de chacun des rectangles en est éloignée: ces informations sont regroupées dans la dernière ligne du 1° bloc: "leur hauteur sont... 7,5".

Quant au deuxième bloc d'informations, il est caractérisé, comme on l'a déjà dit, par un aspect non structuré et lié aux prises de conscience progressives des éléments nécessaires à la description de chacun des deux composants concernés. Dès le début, les deux plaques concernées ont été identifiées comme posant problème dans le système de repérage ainsi construit.

*S: ces deux-là... alors... dans le plan,... on dit qu'il y a un deuxième niveau? OK?... on dit qu'il y a un deuxième niveau pour celui-là et un 3° pour celui-là, ensuite on donne leurs coordonnées*

*O: oui, mais ça va être dur à dire*

*S: oui*

Dans sa proposition, Stéphane a fait appel au langage acquis au cours de la séquence avec Mac Space ("niveau"); encore plus, il a fait appel à une procédure de traitement par ce logiciel : le traitement par niveaux successifs définis par la commande "3° coordonnée", dont chacun est géré par un système de repérage plan. De là, provient le fait de parler de "coordonnées"; signalons que ce mot n'a pas été utilisé dans le sens de "dimensions" ou "mesures", comme on pourrait le penser, et comme c'est arrivé effectivement avec un autre binôme; nous pouvons en être sûre d'après le suivi des occurrences de ce mot le long du dialogue des élèves :

*O: il a un repère dans le plan négatif... le repère vers la gauche.... comment on dit?*

*S: eh ben,... on dit les coordonnées d'abord*

*O: ça va être dur, parce qu'il est plus dans le plan, hein?*

Les deux élèves sont conscients de l'impossibilité d'intégrer les deux plaques en question dans le système de description adopté :

*O: mais, on pourra pas les faire... dans un repère, on peut pas... avec un repère.... avec un repère, on pourra pas; c'est dur dans un repère*

*S: on peut dire qu'il sont parallèles à la base, et qu'il sont collés à ces rectangles....*

On trouve là une rupture avec le système de repérage construit, et un recours à la langue naturelle, dont la souplesse permettrait peut-être, contrairement à la structuration figée du repère, d'intégrer les particularités de chacune des deux plaques. Pourtant, on remarque, pour la première plaque, une opposition à cette rupture avec un système qui a été de grande utilité pour une partie du message :

*S: il faut dire qu'il part par la gauche*

*O: oui, oui;.... il est parallèle au plan, et... il a une...*

*S: il faut dire les coordonnées de ce point*

*O: il a un repère dans le plan négatif... le repère vers la gauche.... comment on dit?*

*S: eh ben,... on dit les coordonnées des points d'abord*

*O: ça va être dur, parce qu'il est plus dans le plan, hein?*

*S: attends... comment il faut dire?*

*O: il part du côté du repère (ils rigolent).. il part du côté gauche....*

Cette nouvelle proposition de recours aux coordonnées aurait pu, si elle avait été menée au bout, aboutir à la construction d'un système de repérage dans l'espace, par extension du système de repérage plan déjà existant : en effet, deux interprétations des intentions de Stéphane sont possibles :

\* donner les coordonnées, dans le repère existant, des projections des sommets de la plaque sur le plan de base, puis communiquer leur hauteur (rapprochement avec le système classique de repérage à trois dimensions),

\* donner leurs coordonnées dans un repère plan, translaté verticalement de celui déjà construit, le vecteur de translation ayant pour module la hauteur du rectangle-support de la plaque (1) (procédure de repérage dans Mac Space).

plaque (2) :

*O: .... est collé au rectangle d'arête [IJ]*

*S: tu donnes... les coordonnées de ces deux points-là... càd. euh... la hauteur, et...*

*O: il est situé à combien, là?*

*S: je ne sais pas, mesure*

*O: il est situé à 1 cm de la base,..*

*S: oui.... oui, tout simplement; et après, c'est pas la peine de donner les coordonnées, puisqu'on sait qu'il est collé à ça, et...*

*O: non, non, c'est pas encore fini, hein?*

*S: regarde, on sait que le rectangle est collé à ça... et que.. il est parallèle... donc, maintenant, il y a plus qu'à donner les dimensions... puisqu'il est collé*

*O: il faut encore... la différence entre ça et ça... (il indique l'arête gauche du rectangle-support et l'extrémité gauche de l'arête de la plaque (1), collée)*

Dans cette session de dialogue aussi, une recherche de coordonnées selon les trois dimensions a été amorcée par Stéphane; mais l'intervention d'Olivier a dévié la recherche vers la position relative de la plaque par rapport à d'autres éléments, notamment les plus proches; ceci a écarté l'idée de positionnement par rapport au repère.

Le 2<sup>o</sup> bloc du message est, en somme, caractérisé par la non-structuration de ses informations, qui sont restées tributaires des spécificités que présente chacune des deux plaques concernées. Comme on le verra plus tard, cette non-structuration a aussi caractérisé la formulation des informations en question et le langage utilisé : systèmes de renvois compliqués, expressions de désignation longues, mots utilisés dans des contextes non-adaptés, etc.... les élèves, bien que conscients de ces failles, n'ont pas pu surmonter l'obstacle du repère déjà construit; en effet, la construction d'un autre système de repérage, pouvant intégrer les deux dernières plaques, aura dû nécessiter la destruction de celui déjà construit. Quelques remarques des élèves seront révélatrices de leur évaluation de leur propre procédure et formulation de la description :

*O: oui.... opposée à l'arête.... je rigole d'avance.... opposée à l'arête... qui est opposée.... (ils rigolent) si.... c'est ça qui est opposé au segment AB.... est située du côté du repère..*

*S: dans la partie gauche*

et, à la fin :

*S: c'est n'importe quoi, ce qu'on raconte là*

*O: c'est supersophistiqué, tu veux dire? (ils rigolent)*

Enfin, et avant de passer à la partie consacrée à la formulation, disons un mot de la représentation que se font les élèves de leur tâche : ils l'identifient à une tâche de dessin;

notons que cette identification a été remarquée chez tous les binômes, à travers le suivi de leurs dialogues.

Le mot "dessin" a été fréquemment utilisé pour désigner l'objet.

*O: oui, mais je crois qu'on va pas avoir le dessin sous les yeux*

*S: ben, non*

l'action de mesurer ou de repérer est identifiée à l'action de dessiner :

*O: (...)... on dessine tout en fonction de la base... par rapport à la base*

Particulièrement pour ce binôme, l'activité mathématique a été marquante jusqu'au point de l'identification de la base de la maquette à la feuille de papier, sur laquelle on procède au repérage; comme en mathématiques, après avoir fixé la position des points dans le repère, on les joint pour dessiner des segments et des droites :

*S: alors, maintenant, il faut relier les....*

*O: les droites.... euh... les droites... CD,...*

*S: les segments*

Les élèves tenaient donc à relier les bipoints, pour aboutir à des segments qui, plus tard, représenteront des arêtes des rectangles. Cette activité de dessin est superflue, car on pourrait parler de sommets des rectangles; on peut y lire un autre rôle, lié à une activité de dessin plutôt que de construction : le message donne des instructions pour "dessiner" les différentes plaques, et leur donner "corps" quand on est obligé de sortir de la feuille de dessin, donc, quand on travaille en trois dimensions.

### C) relation entre le type de repérage et la formulation

Comme au niveau de la structuration, les deux blocs d'informations du message sont distincts au niveau de la formulation. C'est là un signe d'interaction entre la procédure de description et le langage utilisé. Dans ce qui suit, nous analyserons l'aspect langagier du message lui-même, mais aussi son évolution à travers la recherche que les élèves ont faite pour y aboutir. Notre souci est de repérer les relations existant entre procédure de description et langage.

**1° bloc d'informations :**

Comme on l'a déjà dit, les élèves ont envisagé, au début, une procédure de description en langage naturel; l'entrée dans le discours mathématique a été favorisée par le problème de la profondeur qui, comme on l'a dit, pose le problème plus large de la position.

*O: mais il y a aussi la profondeur*

*S: il faudra donner les coordonnées des points*

*O: les coordonnées, oui; c'est pas bête*

*S: il faudra tout mesurer*

*O: on désigne un axe?*

*S: un axe, oui*

*O: ben, l'axe,... on dit le repère?*

*S: O, i, j (ils rigolent; ils le disent machinalement, comme si c'était un réflexe)*

*O: si... ça c'est le point j, ça c'est le point i*

*S: c'est pas bête, ça*

*O: le i, c'est 1 cm*

*S: ah ben, voilà.... c'est pas bon, ça?... ah non, c'est en 3 dimensions*

Ce passage est significatif au niveau de l'interaction entre le type de repérage et le langage utilisé pour la formulation : Un besoin de détermination des positions des éléments de la maquette les uns par rapport aux autres, et de réduction des mesures à faire, a fait apparaître la désignation d'un axe comme référentiel fixe. A partir de là, de associations langagières, presque machinales, ont favorisé l'apparition du problème comme un problème de repérage plan :

coordonnées -----> l'axe -----> le repère -----> repère O, i, j -----> c'est le point i et c'est j.

La première transition exprime une recherche purement langagière d'un mot adapté "on dit le repère ? "; la deuxième une association entre un mot et une suite de lettres qui apparaissent dans le répertoire mathématique de l'enseignement en même temps, et qui sont souvent liés; la troisième une construction et une structuration des éléments du repère ainsi proposé (Morange 1986).

Notons que i et j sont considérés comme des points. On peut en donner une explication qui rejoint l'identification, fréquente, d'un concept géométrique à sa matérialisation par une représentation graphique ou un code symbolique. Le vecteur unité est ainsi identifié à la notation par une lettre, délimitant son extrémité.



Signalons, aussi, une hésitation à changer de cadre (Douady 1986), en considérant le problème comme un problème mathématique : "est-ce qu'on peut mettre un repère?", une question qu'ils ont adressée à l'observateur puis au maître. En fait, nous pensons que cette hésitation relève de la manière dont ils se représentent la tâche, et la volonté du maître à travers cette tâche; pour eux, "utiliser un repère" voudrait peut-être amener un changement de problème : d'un problème de description en un problème de mathématiques.

Ayant pris la décision d'adopter ce type de repérage, la communication de l'information dans le message se fait par : "Dans le repère (O, i, j)". On remarque l'absence de tout avertisseur indiquant la construction d'un nouvel élément qu'on introduit dans la situation, et l'utilisation de l'article défini "le", avec l'absence de toute explicitation dans le message des positions des éléments de ce repère, et particulièrement de la position de l'origine. Ces indices indiquent que les élèves se basent sur une connaissance que les autres doivent partager, d'après les cours de mathématiques et les usages de choix de l'origine et des directions des vecteurs unitaires.

L'emplacement du repère est encore plus fortement implicite, par l'absence du codage des sommets de la base, donc, d'un point de coordonnées nulles.... rappelons que le rôle de l'identification entre plan de repère et plan de base n'est apparue que plus tard, à la fin du premier paragraphe du message : "la base (O, i, j)", donc, au moment où le besoin s'est présenté d'expliciter la position relative du plan du repère construit, par rapport aux composants de la maquette. Ceci renforce encore l'hypothèse de la disparition du statut concret de "base de l'objet", que remplace le statut de repère, notion abstraite encore plus large que celle de plan. L'objectif est davantage de placer les autres rectangles les uns par rapport aux autres, par l'intermédiaire de leur positionnement par rapport au repère, que de les situer par rapport à la base.

Les points significatifs de la maquette, contenus dans la base, ont été désignés par des lettres, en réponse à des besoins qui sont apparus en deux temps :

\* en un premier temps, un besoin de notation, analogue à celle qu'on utilise en mathématiques :

*S: marque le point A comme coordonnées*

*O: les dimensions.... on met directement le point?*

*S: on dit: les coordonnées du point A,....*

*O: ah oui*

\* en un deuxième temps, un besoin de répondre aux exigences de la communication :

*O: oui, mais... il y a le point A,... qui est... la base de... c'est compliqué.... il faudra marquer tous les points!*

*S: là c'est A, là c'est B,.... là c'est C,...*

*O: oui, mais je crois qu'on va pas avoir le dessin sous les yeux*

D'après ce passage, Olivier s'inquiète à cause d'un problème de communication des relations entre les différents objets géométriques : pour lui, il ne suffit pas de déterminer la position du point A par ses coordonnées, il faut lui accorder un statut par rapport au rectangle dont il fait partie; en effet, les réalisateurs n'auront "pas le dessin sous les yeux"; il veut donc formuler le message selon le processus descendant : aller du global au partiel; la solution qu'il voit est de désigner tous les points de la maquette pour pouvoir en parler... par contre, nous supposons qu'il y a, chez Stéphane, prise de conscience que les points et leurs désignations apparaîtront progressivement chez les réalisateurs, déterminés par les coordonnées des points; plus tard, ce seront ces points qui détermineront les autres éléments. On retrouve là un processus inverse de celui qui les a conduits aux désignations des points : le processus ascendant.

Un autre indice qui indique l'interaction entre la formulation et le type de repérage adopté, lié à son tour à la conception de l'espace sous-jacente : l'utilisation particulière des deux mots : "segment" et "arête", qui sont parfois utilisés pour désigner les mêmes objets. On trouve dans le message deux occurrences d'une utilisation associée de ces deux mots, et plusieurs occurrences du mot "arête". Une analyse approfondie révèle une stabilité caractérisant les utilisations de chacun des deux mots :

\* "segment" est utilisé pour désigner les bipoins contenus dans la base, dans les cas où ils n'ont pas de statut en dehors du plan du repère,

\* "arête" est utilisé lorsque ces mêmes bipoins prennent un statut par rapport à des rectangles situés dans l'espace extérieur à celui du plan du repère.

Première occurrence associée :

*"les segments [AB], (...) sont des arêtes des rectangles..."*

*O: les segments.... tu dis: les segments AB, CD, EF, GH et IJ,...*

*S: sont les bases de... ce sont des.. ce sont des arêtes des rectangles,...*

*O: des rectangles qui sont perpendiculaires à la base...*

Dans ce passage, la distinction de statut des mêmes objets est claire : c'est là où les "arêtes" AB, CD, EF, etc... servent d'objets intermédiaires de liaison entre les objets du plan : "les segments" AB, CD, EF, etc... et les objets de l'espace : les rectangles perpendiculaires à la base.

Deuxième occurrence associée :

"collé à l'arête opposé au segment [AB]". Ici, on parle des deux arêtes horizontales du rectangle ayant {A,B}. La première, appelée "arête", est l'arête supérieure de ce rectangle, située en dehors du plan de base. La deuxième, appelée "segment", est l'arête inférieure de ce rectangle, située dans le plan de base. On remarque que la distinction, dans ce cas, est très forte; en effet, malgré son emplacement dans le plan de la base, [AB] devrait garder son statut d'arête du rectangle (comme c'est la cas, par exemple, de [IJ], dans l'expression répétée dans le 2° bloc du message : "le rectangle d'arête [IJ]"). Nous pensons pouvoir expliquer ce fait par ce que nous avons déjà dit que les traitements selon les directions verticales avaient tendance à être unidimensionnels. L'utilisation du mot "arête" pour désigner [AB] aurait mis en évidence l'objet "rectangle vertical" dans toutes ses dimensions. Par l'utilisation du mot "segment", on ne garde que la relation d'opposition entre deux segments faisant partie de deux plans horizontaux; le rectangle reste implicite.

## 2° bloc d'informations :

Cette partie du message est caractérisée par le recours à la langue naturelle. La description des deux plaques concernées est caractérisée par :

1) L'absence de toute nouvelle désignation, malgré les problèmes que les élèves ont rencontrés par la suite : les quelques insertions de codes symboliques utilisent des désignations déjà introduites dans le système de codage précédent. Ceci rejoint les résultats concernant l'opposition (montrée par les travaux de recherche de C. Laborde) à l'utilisation de codes symboliques, dans un contexte de description en langue naturelle.

Cette opposition à l'utilisation de nouveaux codes est explicite dans leurs dialogues :

*O: oui... il y a un autre rectangle,....*

*S: on donne des noms?*

*O: non, non... (il continue à dicter, S. écrit)*

Ces discussions à propos de la forme que doit prendre l'information ont abouti à : "l'arête de ce rectangle opposé à l'arête qui est opposé au segment [AB]". Nous nous posons

des questions à propos de ce que serait le comportement de ce binôme si la plaque (1) était encore elle-même support d'une autre plaque.

2) La désignation de quelques éléments de la configuration, nécessaires à la description, par la répétition entière d'une expression inchangée; c'est, par exemple, le cas de : "l'arête opposée au segment [AB]" et du "rectangle d'arête [IJ]". Nous pensons que l'une des raisons pour lesquelles ce type de désignation a persisté malgré sa lourdeur, est que les élèves tenaient à ramener le repérage des composants de l'objet à des éléments déjà désignés, mais aussi à des éléments contenus dans le plan du repère.

3) Les deux ensembles d'informations concernant chacune des deux plaques commencent par l'expression : "il y a un autre rectangle". Deux raisons sont probablement susceptibles d'expliquer cette utilisation :

- \* la première est liée à un égocentrisme dans la formulation, montré dans les travaux de recherche de C. Laborde, et attesté dans l'utilisation que font les élèves des expressions "le" et "l'autre"; chacune des plaques à décrire est collée à une plaque-support déjà décrite, et connue des codeurs comme des réalisateurs. Ce sont d' "autres" rectangles qu'on décrit par ce qui suit;

- \* la deuxième est liée au système de repérage utilisé jusque-là, et qui n'a pas pu intégrer les deux rectangles en question. On a alors la famille de rectangles déjà décrits au sein de ce système de repérage, puis on a "un autre" rectangle (la plaque (1)) dont on donne des informations, et "un autre rectangle" (la plaque (2)) qu'on décrit d'une autre manière.

- \* l'expression "il est parallèle au plan" est significative au niveau de l'utilisation du mot "plan", avec le déterminant défini "au", pour désigner le plan de base. En effet, d'autres occurrences de ce mot dans les échanges oraux confirme cette utilisation. Nous pensons que cette utilisation est liée à leur procédure de repérage dans l'espace : "le plan" du repère, et une direction verticale.

Plus généralisé, ce mot est utilisé par Olivier pour désigner la direction horizontale; ce fait confirme la force de ce modèle de l'espace, conçu comme la juxtaposition d'un plan horizontal et d'une direction verticale :

*O: perpendiculaire à la base... mais non, mais là, t'as le plan... c'est le plan, ça (il montre les deux rectangles horizontaux) ....*

L'utilisation du mot "plan" dans ce sens a été, suite à l'interaction et à la discussion entre les deux élèves, induite à Stéphane :

*S: oui... ces deux-là (Plaque (1) et Plaque (2))... alors... dans le plan.. on dit qu'il y a un deuxième niveau? OK?... on dit qu'il y a un deuxième niveau pour ceux-là... un 2° pour celui-là et un 3° pour celui-là; ensuite, on donne leurs coordonnées*

Pour dire que ces deux plaques sont horizontales, il a considéré qu'elles sont "dans le plan"... ce qui rend compte de cette unification de toutes les plaques horizontales par la direction horizontale, réduite finalement à un "plan", qui est probablement celui de la base. Signalons aussi le fait que cette appellation provient peut-être du fait que la base est considérée comme un plan, mais pas les deux autres plaques horizontales.

Enfin, bien que ces élèves n'ont pas utilisé un modèle de repérage dont on peut dire qu'il est inspiré par Mac Space, ils n'ont pas manqué, quand la situation l'a nécessité, d'utiliser le langage développé au cours de la séquence avec ce logiciel, et la conception stratifiée de l'espace qu'il induit, au moins selon l'horizontale.

### **III. Analyse de la phase de décodage**

#### **III.1. Introduction :**

Dans la partie présente, nous allons analyser le déroulement et les résultats de l'activité composée de :

1) la reconstruction de l'objet décrit par autrui, à partir du message, tâche qui passe par l'intermédiaire d'une lecture de ce message et d'une interprétation des informations qu'il contient. Dans le cadre de cette analyse, nous essayerons d'étudier les implicites ou les anomalies de description, donnant lieu à des constructions correctes, comme résultant d'un répertoire de connaissances commun ou de conceptions communes. De même, nous nous intéresserons à la réaction des élèves décodeurs à des informations incomplètes ou contradictoires.

Nous adopterons deux hypothèses de départ :

- l'interprétation des informations par les élèves sera liée à leurs conceptions et à la représentation qu'ils se font du monde particulier d'objets concerné. En particulier, des décisions prises à la base d'informations objectivement incomplètes en dépendront.

- il y aura une interaction entre, d'une part, la lecture et l'interprétation des informations du message et, d'autre part, le résultat de l'action (qu'elle soit réalisée ou anticipée) de construction selon une interprétation ou une autre; la vraisemblance et les contraintes du monde d'objets concerné serviront comme des critères de correction.

2) l'évaluation explicite et la critique de la procédure de description de l'objet par autrui :

- en l'absence de l'objet en un premier temps, donc, à partir de la prise de conscience des insuffisances ou des contradictions du message,

- en comparant objet reconstruit et objet initial en un deuxième temps, donc, à partir des insuffisances pour lesquelles il n'y a pas eu prise de conscience, et à la base d'erreurs dans le message, qui auraient donné lieu à d'autres configurations possibles.

3) le recodage de l'objet, à l'aide d'un système que nous considérerons, par hypothèse, comme le résultat de la confrontation entre les deux systèmes de repérage : celui que le binôme concerné avait construit dans la phase de codage, et celui qu'il a décodé dans la phase de reconstruction.

### III.2. Analyse des productions des élèves :

#### III.2.1. "David, Rachel"

Les élèves avaient à décoder le message de "Olivier et Stéphane" (cf. le message de Olivier et Stéphane" dans l'annexe) :

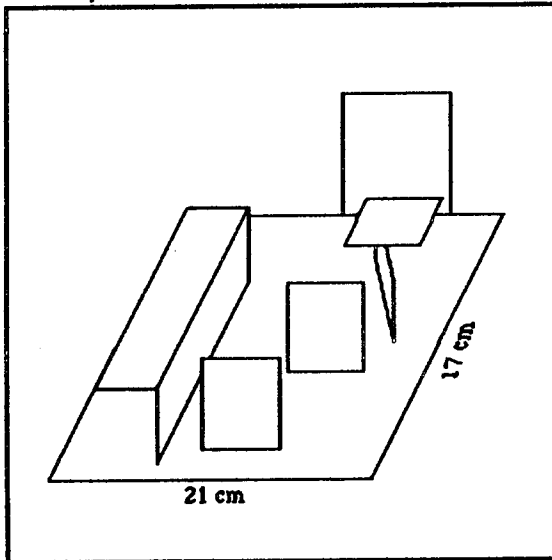


fig.VII.29  
Maquette décrite par (Olivier, Stéphane)

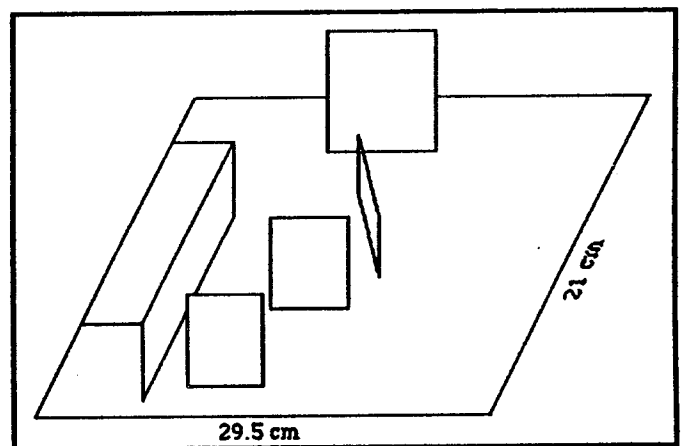


fig.VII.30  
Maquette réalisée par (David, Rachel)

#### A) Interprétation du système de repérage

Le message présent, comme celui produit par les élèves réalisateurs, utilisent un système formel de coordonnées adoptant des codages mathématiques; la première réaction des réalisateurs a donc été de se fixer leur propre procédure de description comme un modèle par rapport auquel ils ont essayé d'évaluer les premières informations;

*R: Bon...*

*D: Non, il y avait K aussi. (il parle de leur propre message; cf. message de (David, Rachel) dans l'annexe)*

#### Interprétation du premier bloc d'informations :

L'aspect fortement mathématique du début du message a favorisé une identification de l'activité de construction à une activité mathématique de positionnement de points à partir de leurs coordonnées, et ceci sur une proposition de Rachel "de faire un dessin"... tout en lisant les informations, les élèves placent les points sur une feuille de papier, sur

laquelle ils avaient dessiné un repère orthonormé (O, i, j)... tout le long de la séance, on remarquera que l'identification, de l'activité de construction à une activité de dessin est aussi forte qu'au cours de la séance de description.

Nous pensons que cette identification est une raison pour laquelle aucune prise de conscience n'a eu lieu, chez les élèves réalisateurs, à propos de l'information manquante, concernant les dimensions de la base de la maquette (pour base, ils ont pris une planche complète de carton : (29.5cm.x21cm.); lorsqu'ils ont accordé du sens aux coordonnées des points, et qu'ils ont voulu passer à la construction effective, la feuille de papier qui servait comme brouillon a été remplacée par la planche de carton, qui a pris le statut d'une feuille de dessin, sur laquelle les élèves ont marqué :

- \* la lettre O, au coin "devant, gauche" pour désigner l'origine,
- \* la lettre x à l'autre extrémité du bord frontal de la planche de carton,
- \* la lettre y à l'autre extrémité du bord normal de la planche de carton.

Cette planche de carton est donc davantage un moyen de repérer les éléments de la maquette qu'elle n'est elle-même un composant de cette dernière.

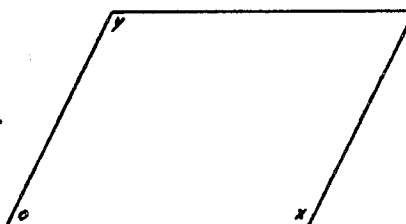


fig. VII.31

Ce n'est que plus tard, après une lecture séquentielle sans réalisation, jusqu'à la fin du premier paragraphe du premier bloc d'informations "perpendiculaire à la base (O, i, j)", que le statut de base de maquette a été accordé à la plaque-repère :

*R: Ah attends, j'ai compris...ils veulent dire qu'on a une base comme ça...O, i, j, et que les machins perpendiculaires sont comme ça, donc. (avec sa main, elle simule la position d'un rectangle frontal)*

*D: Oui, comme ça...ou comme ça, ou comme ça. (il simule des positions différentes: frontal, normal, oblique)*

*R: Oui...donc, on a une base...logique...o, i, j,...ça fait...o, x, y*

Dans l'extrait précédent, et alors que Rachel interprète "plan perpendiculaire à la base" par "plan frontal", on retrouve chez David le même théorème en acte qui a servi aux codeurs : "la direction d'un plan perpendiculaire à un autre plan est déterminée par la



direction de leur droite d'intersection" (dans ce cas, l'arête du rectangle en question). La prise de conscience de la multitude des plans verticaux à un plan horizontal résulte de la multitude des directions des segments qu'on peut dessiner dans le rectangle de base.

*R: 6.5...et 1, on les monte comme ça, alors...6.5 on le fait comme ça, et le 1 c'est pour mon...*

*D: Comme ça.*

*R: Non, parce qu'il faut qu'ils soient perpendiculaire, donc, il faut que ça monte.*

*D: Non, regarde...les hauteurs...après...*

*R: Hum...c'est pas clair, leur machin.*

Dans la première interprétation des coordonnées, et l'essai de situer le point A(6.5;13), on retrouve chez Rachel des indices de deux phénomènes :

- \* la dominance de "direction frontale" dans l'interprétation de "perpendiculaire à la base",
- \* un conflit (qu'on a trouvé chez d'autres binômes) entre les coordonnées d'un point et les dimensions d'un rectangle : pour situer le point A, elle voulait considérer la 2<sup>o</sup> coordonnée comme étant la hauteur du rectangle; c'est une solution qu'elle adopterait pour répondre à deux soucis :

- le rectangle doit être "en hauteur", il faut donc lui en communiquer une (notons que la dernière information du bloc n'a pas encore été lue); ce problème est lié à l'attachement à la séquentialité dans la lecture;

- la première exigence de l'action est de découper le rectangle; il faut donc connaître ses dimensions...; comme on sait qu'il est perpendiculaire à la base, une des coordonnées doit être sa hauteur. Notons que cette confusion n'est pas apparue lors de la situation des points sur la feuille de brouillon; à ce moment-là, les élèves n'avaient pas encore lu l'information concernant la perpendicularité.

Une fois cette confusion levée, une utilisation particulière des coordonnées a été construite, pour répondre au besoin de l'action : il faut découper les rectangles, donc on a surtout besoin des dimensions. Dans un premier temps, la procédure a été :

- \* situer les deux points sur le rectangle de base,
- \* mesurer le segment qui les rejoint,
- \* chercher la hauteur correspondant au même rectangle

Progressivement, la deuxième étape a été remplacée par le calcul de la différence entre les deux valeurs différentes d'une coordonnée, lorsque les valeurs de l'autre coordonnée sont égales.

**Interprétation du deuxième bloc d'informations :**

la plaque (1) :

Après plusieurs lectures, accompagnées de critiques et de remarques ironiques portant sur les répétitions et la formulation de l'information, les élèves réalisateurs ont pu construire cette plaque; ceci nous mène à supposer qu'ils ont partagé, avec les élèves codeurs, certaines conceptions (par exemple : "du côté du repère (O, i, j), càd. à gauche) (cf. le message de (Olivier, Stéphane) dans l'annexe)) et certains implicites :

*R: (Ils rigolent)...[...]... Oui, mais...bon..."la largeur de ce rectangle...12 cm"...fantastique...*

Rachel est satisfaite car la largeur de la plaque est de 12 cm, donc, égale à celle du rectangle support; ici, un implicite fort est partagé : vu qu'elles ont la même longueur, les arêtes doivent coïncider exactement...

Nous pensons que : le fait que les dimensions de cette plaque sont données en même temps, et au sein de la même information, a facilité sa construction, et l'interprétation de l'implicite.

Plaque (2) :

*R: ...ils disent qu'il est situé à 1 cm de la base...(court silence) attends, c'est pas fini "son arête, qui touche...rectangle" (elle rigole)... attends (elle relit)...celle-ci...ça fait là,...il est où le crayon ?..."1 cm...à droite...du côté gauche"...ça doit être là.*

Aussi pour interpréter les informations décrivant cette plaque, plusieurs lectures ont été faites, avec des essais de lier les informations avec des retours sur quelques phrases. En plaçant, sur la plaque-support, les points décrits par "située à 1 cm à droite de l'arête gauche du rectangle d'arête [IJ] et s'arrête à 1 cm....", ils arrivent à déduire la mesure de l'une des arêtes.

*D: Alors...ça fait...5.4 comme ça...*

*R: Euh...et c'est tout ?...et comment on fait, nous ?...ils ont oublié de nous donner quelque chose.*

*D: Oui, je crois qu'il manque...il manque la longueur du rectangle.*

*R: Ben, on peut pas le tracer, le dernier...parce qu'il l'ont pas donné...enfin, je crois pas.*

*D: oui, ils n'ont pas donné combien il a comme ça ?*

A partir des informations précédentes, les élèves ont une représentation de la position du rectangle, connaissent l'une de ses dimensions, et s'attendent à l'autre. Avant de décider que ce rectangle est non réalisable, ils relisent plusieurs fois les informations correspondantes, en essayant de trouver un moyen pour déduire celle qui manque. David est même allé plus loin, il a essayé de donner une interprétation supplémentaire pour pallier l'information manquante :

*D: A moins qu'ils disent qu'il est situé à 1 cm...euh...*

*R: Ben, non.... 1 cm de la base, ben...1 cm de la base, c'est là...*

*D: Non, non...pas la base, mais...ils disent "situé à 1 cm de l'arête"; ça peut-être aussi 1 cm ... euh...comme ça. (à 1 cm de la plaque-support, donc l'autre dimension doit être de 1 cm)*

*R: C'est un peu tordu, hein ? ...ben, on dit ce qui manque hein ?...attends, on va le mettre là*

## **B) Evaluation**

Au cours de la lecture des informations du premier bloc :

*D: Non, regarde...les hauteurs, après...*

*R: Hum...c'est pas clair, leur machin.*

Ce jugement montre qu'un des critères de l'évaluation est l'organisation des informations en fonction de l'action : les informations correspondant à un même rectangle doivent être proches les unes des autres, car elles servent à la mesure et au découpage de ce rectangle. Il est aussi lié à l'attachement à la séquentialité dans la lecture et dans la réalisation : après avoir fixé les points à partir de leurs coordonnées, le message présent oblige les réalisateurs à refaire une lecture d'informations déjà réalisées, pour pouvoir faire les correspondances entre les segments dessinés et les hauteurs des rectangles qui en sont issus.

*R: Ben, tu ne peux pas faire les arêtes, comment tu vas les faire, les arêtes ?...avant, qu'il fallait faire les rectangles.*

*D: Oui.*

*R: Alors, pourquoi ils ont pas dit?...oh là là...*

Le message donne trop tôt le statut d'arêtes de rectangles non encore construits à des segments de la base. En plus, la formule utilisée est ambiguë dans la mesure où elle utilise l'article défini "des" : "arêtes des rectangles perpendiculaires à la base". Cette information est critiquée par Rachel. En effet, elle donne une impression que les rectangles sont déjà

connus et construits. Se pose là un problème de langage intéressant, correspondant à l'utilisation, par chacun des binômes, codeurs et réalisateurs, du mot "arête" : alors que les élèves codeurs donnent à l'arête une existence antérieure à celle du rectangle, et même génératrice de ce dernier, les élèves réalisateurs ne peuvent lui donner qu'une existence ultérieure, résultant du fait qu'elle est élément du rectangle, et qu'elle y est attachée.

Ce décalage provient de la différence entre "description" et "instructions de reconstruction", décalage qui est apparu dans tous les messages : les élèves codeurs peuvent d'emblée voir l'objet, ses composants et les relations entre ces derniers; et même si une anticipation continuelle guide leur activité, pour répondre aux exigences de la communication et de la finalité de la situation (la reconstruction par les autres), l'existence physique de l'objet l'emporte à de nombreux moments pour masquer cette finalité et donner lieu à une description basée sur la perception globale de l'objet, facteur absent dans l'activité de reconstruction.

Pour le deuxième bloc du message, la façon dont les élèves réalisateurs lisent et relisent les informations pour pouvoir les interpréter, montre leur désaccord avec cette partie, même s'ils sont arrivés à réaliser une des plaques, et à connaître la raison pour laquelle ils n'ont pas pu réaliser l'autre.

*R: Trop compliqué.*

*D: Oui, mais enfin, ça aurait pu être pire... (ils rigolent)*

Dans la formulation de leur évaluation du message, un manque d'information a été signalé, sans qu'il soit précisé. Deux critiques générales ont été formulées : la première concernant l'organisation de l'écriture du message, qui commence dans la rubrique "Essai". La deuxième révèle la séquentialité de lecture et de réalisation comme un critère d'évaluation du message.

Ce n'est qu'en comparant l'objet reconstruit à l'objet initial qu'il y a eu prise de conscience d'un autre manque : "les coordonnées de la base"; cette formulation indique une confusion qui persiste entre "coordonnées" et "dimensions". Pour un rectangle quelconque, et pour le rectangle de base en particulier, 3 procédures de description s'entremêlent :

- \* coordonnées de deux sommets opposés,
- \* dimensions, position de points significatifs; cette dernière information peut être implicite dans le cas où le rectangle est le premier à réaliser, donc, celui de la base,

\* dimensions, niveau de traitement (au sens de Mac Space) et coordonnées d'un sommet; ces deux dernières informations peuvent être implicites dans le cas où le rectangle est le premier à réaliser, donc, celui de la base

### C) Recodage

*R: Bon, on fait comme on a fait le premier, hein ?*

*D: Ben, oui.*

*R: En plus, on a toutes les longueurs maintenant.*

*D: Il faut mesurer la longueur et largeur de la base.*

*R: Oui, mais d'abord dire...euh...qu'on est dans un repère...O, i, j, k,...alors, i, c'est...les abscisses, j c'est les ordonnées...*

*D: Et k La profondeur.*

La stabilité de ce système de description, malgré le temps écoulé, est à noter (deux semaines ont séparé les deux séances de codage et de décodage); pourtant, quelques différences sont apparues entre le nouveau message des deux élèves et celui qu'ils ont produit au cours de la séance précédente; nous pourrions attribuer ces différences à une influence, sur leur procédure de description, de celle des producteurs du message qu'ils viennent de décoder, d'une part, et à leur évaluation de quelques manques ou anomalies d'autre part. Citons et analysons ces différences :

\* l'avertisseur "soit" de l'introduction à la situation, d'un repère comme nouvel élément, a disparu; or, on n'en a plus besoin avec un consensus qui paraît commun : les élèves codeurs ont, eux aussi, utilisé un repère;

\* le repérage de la base a été modifié : elle n'est plus représentée par deux sommets opposés, mais elle est repérée d'emblée, à la façon de Mac Space : niveau de traitement ayant la hauteur nulle, et dimensions du rectangle, avec la différence qu'il n'y a pas séparation entre la présentation du niveau de traitement et les deux dimensions. Nous attribuons ce changement au fait que la seule information concernant la base et manquant dans le message décodé était celle censée donner les dimensions. L'information de coïncidence, dans ce dernier message, du plan de repère avec le plan de la base, remplit le rôle du codage du premier sommet, coïncidant avec l'origine; la seule prise de conscience d'un manque, dans les informations, concernait donc les dimensions de la base.

\* l'instruction est plus présente dans leur nouveau message que dans le premier; en effet, tandis que dans le premier message, les informations correspondant aux deux sommets opposés d'un rectangle étaient liées par un indice descriptif : (==> 1° rectangle, ==> 2° rectangle, etc...), celles dans le nouveau message sont liées par une instruction, un ordre de construire le rectangle; est-ce une réaction au manque de l'instruction de construction des rectangles, avant d'annoncer le statut d'arêtes, dans le message décodé ? nous le pensons.

Ceci n'enlève pas son aspect descriptif au message : arrivés aux deux plaques horizontales suspendues :

*D: Ben...c'est pareil.*

*R: Oui...il faut qu'on leur donne des noms...[...]... alors, L et l', maintenant.*

*D: Alors L, il faut dire qu'il est collé.*

*R: Ben...s'il y a les points, de toute manière...*

### III.2.2. (Eric, Richard)

Ils avaient à reconstruire la maquette décrite par David et Rachel (cf. le message de (David, Rachel) dans l'annexe)

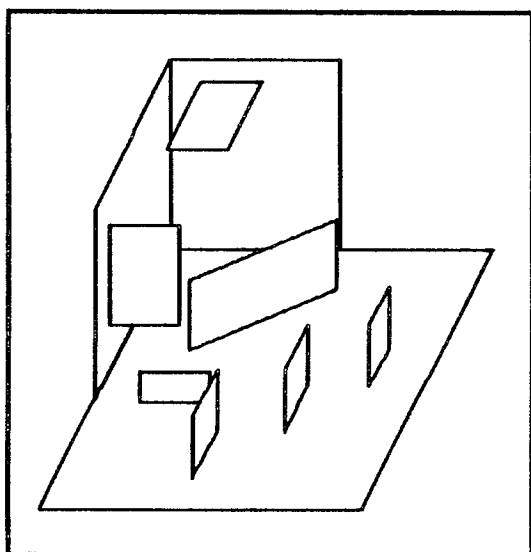


fig.VII.32  
Maquette décrite par (David, Rachel)

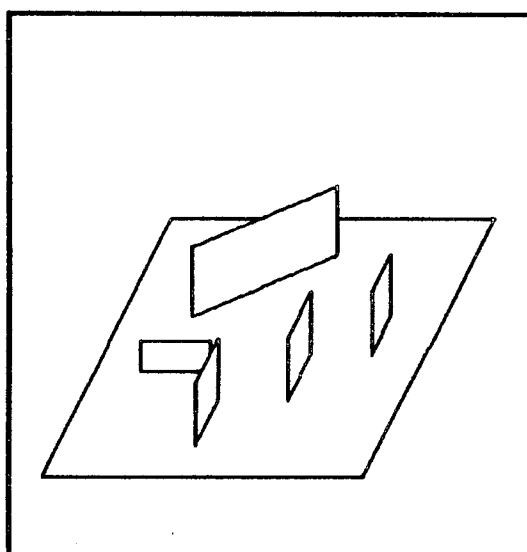


fig.VII.33  
Maquette réalisée par (Eric, Richard)

### A) Interprétation du système de repérage

Les élèves réalisateurs ont commencé par l'interprétation du système de repérage utilisé dans le message, en attribuant du sens, au niveau de l'action, aux informations formelles et symboliques données par le message. Avec une lecture séquentielle accompagnée de réalisations progressives de composants de la maquette dont nous ferons le suivi plus loin, les élèves ont pu aboutir, grâce au caractère structuré du message présent, à une certaine stabilité dans l'interprétation, qui a duré le long de la réalisation d'une famille d'informations : celles décrivant les rectangles à partir du second jusqu'au sixième.

Cette stabilité a été, dans la suite, rompue par des difficultés d'interprétation et de réalisation, à partir des informations concernant le 7<sup>o</sup> rectangle. Ces difficultés seront également analysées.

### **Représentation du système que se sont construit les réalisateurs**

Dès le début du message, les informations font appel au répertoire mathématique correspondant à des connaissances du repérage plan. Nous n'avons repéré aucun problème dans l'extension de ces connaissances à trois dimensions, comme le propose le message. Dans cette opération, les élèves réalisateurs ont partagé un implicite avec les élèves codeurs : l'ordonnée a été interprétée comme désignant la coordonnée selon la verticale. Cela s'explique par la désignation explicite de "profondeur", donnée à la 3<sup>o</sup> coordonnée dans le message; en effet, dans les deux systèmes de repérage plan possibles d'après le répertoire mathématique et les usages (feuille de papier ou tableau du maître), l'abscisse est selon l'horizontale frontale; l'horizontale normale étant désignée sans ambiguïté par "profondeur", l'ordonnée est alors associée à la direction verticale; là, on retrouve la structuration de l'espace sous-jacente au dessin technique, et renforcée au cours de la séquence avec l'ordinateur, selon les trois directions des axes du trièdre trirectangle.

La première information du message ("soit un repère... profondeur" ) a donc servi à donner aux éléments du repère une existence physique : l'origine au coin "gauche, devant" de la planche de carton, les directions des vecteurs  $i$  et  $k$  selon les deux bords horizontaux (frontal et normal respectivement), et la direction du vecteur  $j$  imaginée selon la verticale passant par le coin "gauche, devant"; ceci, sans aucune notation explicite sur le carton.

Bien que lue dans l'ordre séquentiel, la 2<sup>o</sup> information du message ("Les différentes... à faire") n'a été interprétée que plus tard; ce n'est qu'au moment du repérage des points C et D que du sens lui a été donné :

*E: ah oui, d'accord...donc, tu vois ? Je crois que j'ai compris... chaque rectangle, ils ont pris les deux diag...les deux sommets opposés,... et... et ça définit un rectangle... donc, ils ont besoin de deux points... donc, ça, ça correspond à...un rectangle, un autre rectangle, un autre rectangle*

*R: mais regarde, c'est écrit là (ils rigolent)*

On peut déduire que les informations concernant les deux points A et B ont été interprétées d'une manière différente; une analyse en sera faite dans le paragraphe suivant.

Comme on pouvait le prévoir, les élèves ont rencontré des difficultés d'interprétation des informations décrivant le 7<sup>o</sup> rectangle, selon le système instauré et appliqué pour ceux du 2<sup>o</sup> rectangle, jusqu'au 6<sup>o</sup>. Ces difficultés ont duré pendant un laps de temps, au cours duquel un conflit était difficile à résoudre entre :

- \* l'attachement à la séquentialité de lecture, d'interprétation et de réalisation, qui empêchait les élèves de passer aux rectangles suivants,

- \* l'hypothèse de l'existence d'une erreur dans un système de description qui a, jusque-là, admirablement fonctionné.

En effet, l'aspect descriptif du message est poussé au point de se détacher complètement des exigences pratiques de la réalisation : le codage des deux rectangles "suspendus" <M, N> et <O, P> précède celui des deux rectangles qui leur servent de supports : les rectangles de sommets respectifs <Q, R> et <S, T>.

Voulant respecter la séquentialité dans la lecture et la reconstruction, les élèves se sont alors trouvés face à un cas où il est impossible de matérialiser les points repérés (au moins M) en attente de la mesure des dimensions et du découpage du rectangle, comme ils l'ont fait pour les plaques précédemment construites; ceci, à cause de l'absence momentanée d'un support :

*R: Oui, mais il touche où ?...parce que..., il touche pas la base,...(court silence).*

*E: Oui, c'est ça le problème.*

*R: Je ne comprends pas.*



*E: Ben, si, il touche la base...t'as un point... (est-ce à cause du zéro dans les coordonnées de M?)*

*R: Mais comment, parce que l'ordonnée...*

*E: ...t'as un point là, et...*

*R: Oui, mais l'ordonnée est en hauteur, si on se place comme...comme on a fait...depuis maintenant, l'ordonnée, elle est en...en hauteur...là, ça...toute l'ordonnée elle était à zéro, donc, sur la base...et là, elle n'est plus à zéro...(court silence), (Eric relit les premières informations du message)...donc, tu vois ? Les deux sommets sont...ils ne sont pas au niveau de la base...(court silence)...donc, c'est qu'il a...reposé sur un des supports*

Cette dernière déduction n'a pas résolu le problème car, implicitement, le mot "supports" ne prend en compte que les rectangles déjà construits et mis en place. Le conflit a finalement été résolu par la rupture de la séquentialité, et le passage au 8° rectangle, qui pose le même problème.

*R: C'est le système qui ne va pas.*

*E: Mais le système est bon pour quelques points...il est même excellent...tu vois ça ? On a bien fait, mais après,...*

A partir de là, tout le système a été mis en doute, le statut par rapport au rectangle des deux points codés a été perdu de vue, ce qui a mené à d'autres interprétations pour les points représentant les deux derniers rectangles <Q,R> et <S,T>.

## Conceptions

Dans la partie présente, nous analyserons les différentes interprétations données par les élèves réalisateurs aux différentes familles de plaques repérées dans le paragraphe précédent :

- 1) le 1° rectangle
- 2) la famille comprenant les rectangles compris entre le 2° et le 6°
- 3) la famille comprenant les 7° et 8° rectangles
- 4) la famille comprenant les 9° et 10° rectangles.

Ces interprétations différentes sont en interaction avec les conceptions des élèves, concernant :

- \* le rectangle comme objet géométrique, et sa définition à partir de ses éléments,
- \* le repérage et, en particulier, les coordonnées.

1) 1° rectangle :

*E: Oui...oui, ça oui...B (21,...) 21...alors, attends...21, normalement, c'est l'abscisse, ensuite l'ordonnée, ensuite la profondeur...alors, 21 d'abscisse,...21 comme ça, donc...*

*R: Et 17 de profondeur.*

Les coordonnées du point A ont été interprétées comme définissant un point particulier : son statut d'origine du repère est plus fort que celui d'un sommet de la base. Quant au point B, on peut détecter, derrière l'action et les choix faits par les élèves des distances à mesurer, une interprétation particulière à l'information :  $B=21;0;17$  : une interprétation, influencée par le système de repérage et les codes utilisés par les élèves réalisateurs, lors du codage de la maquette qu'ils avaient eux-mêmes à décrire. Cette procédure repose, à son tour, sur la procédure de construction, avec Mac Space, d'un rectangle : a) détermination de son niveau (de hauteur, de profondeur frontale ou de profondeur latérale, selon qu'il est horizontal, frontal ou normal), b) détermination, par ses coordonnées dans le plan de construction, du sommet de départ, c) communication des dimensions à l'ordinateur, graphiquement.

a) Pour le cas présent, le niveau est donné par l'ordonnée nulle.

*E: D'ordonnée zéro...normal...*

Malgré l'absence de toute indication dans ce sens, les élèves sont partis du fait que le rectangle présent est celui de base; nous pensons qu'ils ont interprété la lettre B comme représentant l'initiale du mot "base"; de toute façon, ils l'ont utilisée ainsi dans leur propre message.

b) puisque c'est le premier rectangle à réaliser, et que l'origine est l'un de ses sommets, la position du point de départ de la construction est déterminée.

c) les deux nombres désignant les deux autres coordonnées du point B (l'abscisse et la profondeur) sont interprétées comme étant les dimensions du rectangle de base : 21 est l'abscisse, donc, c'est la longueur de l'arête horizontale frontale, et 17 est la profondeur, donc, la longueur de l'arête horizontale normale. (ceci est-il lié à la dualité nombres-mesures / nombres-repères?) Le choix des arêtes du rectangle de base dans la maquette réalisée, marquées par les chiffres correspondants, confirment cette interprétation : ce sont les deux arêtes : la "frontale, devant" et la "normale, droite"; ce ne sont donc : ni les deux

projections du vecteur OB, ni les deux projetantes du point B. Cet amalgame entre coordonnées de points et dimensions d'un rectangle est analogue à celui existant au cours de la construction graphique avec Mac Space : dès que le premier point est validé comme sommet d'un rectangle, les coordonnées sont remises à zéro, et celle affichées le long du déplacement du curseur seront alors les coordonnées relatives du point courant par rapport au premier point validé; pour le cas du rectangle, ces coordonnées relatives ne sont autres que ses dimensions. La coïncidence réussit dans le cas présent car le premier sommet du rectangle coïncide avec l'origine.

## 2) du 2° au 6° rectangles

Un conflit est apparu au début, lors de l'interprétation des coordonnées du point C, entre deux codages différents du rectangle : celui des rédacteurs et celui des décodeurs :

*E: 17.7 comme ça,...pas de hauteur...*

*R: C'est un point, hein ?*

*E: Ah c'est un point !*

Cette dernière réplique appuie l'analyse que nous avons faite de l'interprétation par les élèves des informations concernant la base : les coordonnées allaient être prises pour les dimensions d'un rectangle, à part la deuxième, qui aurait joué le rôle de hauteur de la distance séparant le rectangle (supposé horizontal) de la base. Un des facteurs qui ont favorisé la prise de conscience par Richard du vrai système de repérage adopté est que le leur aurait amené à un rectangle horizontal "plaqué" contre la base, car "pas de hauteur"; ce cas de figure n'existe pas dans le monde d'objets considéré.

Le point C étant placé, la recherche d'une procédure pour situer le rectangle et déduire ses dimensions s'est engagée, en confrontant les coordonnées des deux points C et D. Cette procédure vise à un passage des coordonnées des points, données descriptives pas toujours réalisables, aux dimensions des rectangles à réaliser.

*R: Mais trace pas...c'est un point, hein ?*

*E: C'est un point...donc, C,... Ensuite l'autre (D)...17...17.7 et...10.6...ah mais...il est en hauteur!!... ah d'accord...donc, 10.6 l'autre point...(court silence) il est de hauteur... Donc, alors...on va faire ses dimensions...donne-moi la...la hauteur, déjà.*

"il est en hauteur!!" : malgré l'information donnée explicitement par le message, Eric s'attendait aux coordonnées de l'autre extrémité de l'arête contenue dans la base... en effet, ce n'est que des points de la base qu'on peut matérialiser et marquer, en attente de la réalisation du rectangle... (à cause du besoin d'avoir un support).

Pour surmonter ce conflit, et passer à la réalité physique du rectangle, un statut particulier a été accordé à l'ordonnée du point D (et de tous les sommets repérés "en hauteur" des rectangles) : elle sera interprétée et réalisée comme étant la hauteur du rectangle; notons que cette déduction est valable pour la famille de rectangles perpendiculaires à la base, et ayant une arête dans la plan de cette dernière. L'influence du monde d'objets est très importante dans cet implicite, et ceci du côté des rédacteurs comme du côté des décodeurs.

On assiste donc à un glissement des informations qui va être utilisé pour tous les rectangles, en vue de passer d'informations purement descriptives, non matérialisables au moment de la lecture, vers des informations constructives, à travers le transfert : des coordonnées de points, aux dimensions de rectangles. Cette analyse est confirmée par la notation que les élèves ont faite sur l'objet réalisé : ils ont désigné par D la projection sur la base du vrai point D....; le conflit entre hauteur du rectangle et ordonnée du sommet revenait de temps en temps, mais il est résolu par le recours à une sorte de convention non-explicitée.

*E: 4...oui, mais c'est le point qui a pour hauteur...ah oui, oui,...donc, la diagonale, ça marche...4...*

Le découpage des rectangles accompagne le repérage des points, la mesure de leurs écarts pour la mesure d'une arête, et l'adoption de l'ordonnée de l'un de sommets (d'ordonnée non nulle pour la mesure de l'autre).

*R: Et là, tu devrais mettre des points aussi.... Attends...c'est comme ça...on va mettre D là,...*

*E: Non.*

*R: Et D ?*

*E: Oui, mais...dans ce cas là, c'est plus les deux...machins, là...c'est les deux du bas...*

Le collage des rectangles est remis à plus tard. Pour reconnaître les points de coïncidence, des notations analogues à celles utilisées sur le rectangle de base sont utilisées, ce qui donne lieu à des points doubles : deux sommets consécutifs d'un rectangle découpé et encore libre, et deux extrémités d'un segment dessiné dans le plan de la base.

Progressivement, l'opération de déduction des mesures des segments à partir des coordonnées a évolué : de l'action de mesure de l'écart entre les deux points repérés, à une opération arithmétique : le calcul de la différence entre deux valeurs différentes d'une même coordonnée.

R: F.

E: C'est F...et de hauteur...3.9...attends, il y a combien d'espace entre...euh...5 et 8...ça fait 3. (là, il a retranché les deux valeurs de la coordonnée)

R: Ben, t'as qu'à mesurer... oui, ça fait 3

Ce transfert de procédure de mesure a bien fonctionné pour les rectangles appartenant à la classe des rectangles verticaux, ayant une arête contenue dans la base, et situés parallèlement à l'un des bords de la base.... celle où la différence entre les valeurs d'une coordonnée précise, selon la direction du rectangle, définie par l'égalité des valeurs d'une autre coordonnée, est égale aux dimensions. La procédure s'est heurtée à une anomalie validée par l'action, dans le cas du rectangle de sommets K et L.

Le point K est placé.... avec la procédure de calcul des dimensions instaurée durant le travail précédent, les élèves calculent : "11.9-3.6, ça fait 8.3"; ils découpent le rectangle, fixent les points par leurs coordonnées, sur la base... comme ils le faisaient pour tous les autres rectangles, ils vérifient leur action en mettant le rectangle à sa place, il ne coïncide pas.... ils révisent leurs opérations :

E: 14.5...oui, je m'en souviens...donc,...oui, mais c'est la diagonale ! Ils sont en diagonale... donc, il faut mesurer ...ça fait 9...

L'anomalie a été expliquée par le fait que le rectangle est "en diagonale", pour dire qu'il n'est parallèle à aucun des plans du trièdre trirectangle.

3) 7° et 8° rectangles:

à propos du point N, après les difficultés avec le point M :

E: 8 de profondeur...bon...déjà, il n'est pas à zéro...mais il est en profondeur.

R: à 8.

E: Mais je ne comprends pas...c'est que les deux, ils sont en hauteur...donc, 8,...attends...là, on aura des problèmes...je jurerais qu'il y a des problèmes, là....zéro, l'abscisse...2.9 de hauteur...par là,...et de profondeur...donc, c'est M,...et ensuite, 4; 8 de profondeur et 9.3...

R: De hauteur.... (...)

E: Eh !! Mais ils recommencent... 2...là, 10.8 de profondeur. ça nous amène à 10.8...non, 10.3... (...)  
P...10.3,...donc, attends...un sommet là...et...ils sont à la même hauteur...donc, il est à plat...puisque t'as deux sommets...ton rectangle a deux sommets opposés ...ils mettent les deux sommets opposés...si t'as les deux sommets qui ont la même hauteur, c'est que le rectangle est à plat.

R: Ben, oui...

E: Regarde, ton machin là...t'as le point là, le point là...ils ne peuvent être à la même hauteur que s'ils sont à plat ...donc, il doit être à plat...

R: Eh oui...mais ça fait compliqué ça...c'est pas possible, on aurait du mal à interpréter...tu comprends ce machin, comme ça ?

E: regarde...là et là...ils sont tous deux à 10.3...

R: Oui, c'est ça le problème.

E: Mais...à moins qu'il soit sur la base...attends...un point là et un point là... ça nous amène...faisons un petit comme ça, pour voir,...ça nous ferait ça, quoi...attends, mais...il serait... il serait comme ça... (ils rigolent) à 10.3 de hauteur...et là, je comprends plus (ils rigolent)...on n'a pas dû comprendre quelque chose, là...parce que regarde, c'est pas possible hein ?

R: Oui, il tient comment ton truc ?

Essais d'interpréter autrement, d'accorder une probabilité d'erreur à leur interprétation précédente, une autre probabilité au message,....

Après un long moment d'hésitation, ils décident d'essayer les rectangles qui restent

4) 9° et 10° rectangles :

E: Et R...0; 12; 17...donc, c'est là, et de hauteur...12...on considère que l'ordonnée, c'est la hauteur...on considère...donc, 12...donc, ça nous amène à là,...(court silence) donc, ça part...l'un part comme ça,...(ils rigolent)...alors attends...il monterait à 12 comme ça ?...si j'ai bien compris, tu vois, t'imagines là, ça monte, 12...à 12 à...cet endroit là.

R: Ben (0; 0; 17)...

E: Et l'autre 0; 0; 17... aïe aïe...11,...alors, là, ça serait le derrière plan...11; 17...et 12...ce serait...imagine que tu as le point S là,...et l'autre point, de côté, il est à 12 de hauteur...ça nous fait ça.

R: Alors, c'est pas des rectangles, c'est des triangles.

E: Alors, dans ce cas là, ce serait un triangle...mais comme ils disent qu'il y a que des rectangles...sinon, ils l'auraient dit...le Mac (il faut s'assurer de ce mot)...il peut que faire ça...s'ils l'ont pas dit c'est que c'est une erreur.

**B) Evaluation**

Dès que le système de repérage a été interprété, et au cours de la réalisation de la deuxième plaque :

*E: les pro...on a dû se planter, nous, comme c'est pas possible (il parle de leur propre message)...*

Jusqu'à la réalisation du sixième rectangle, cette évaluation, accompagnée d'une dévaluation de leur propre système, a continué :

*E: Il est bien leur machin...tu sais ? On n'a pas été futés, nous.*

*R: Ils ont plein de problèmes pour le faire (le binôme réalisateur de leur message).*

*E: Ben, oui, je comprends.... eux, il est super...()...ça marche bien, avec ce système ...ah quelle honte !...quelle honte !*

Ce jugement repose, en grande partie, sur la cohérence entre : d'une part, le système formel de description et, d'autre part, la séquentialité de lecture et d'action; l'évaluation a changé à partir du moment où la séquentialité actionnelle n'est plus respectée. Quand les deux élèves ont atteint le 8° rectangle, et qu'ils ont pu déduire qu'il doit être "à plat" :

*R: Eh oui... mais ça fait compliqué ça... c'est pas possible, on aurait du mal à interpréter... tu comprends ce machin, comme ça ?*

*E: ça fait quand même compliqué... là, je ne suis plus d'accord avec leur machin...*

Cette déstabilisation a amené les élèves à remettre en question tout le système de description; ceci prouve que la séquentialité et la cohérence avec les exigences de l'action de reconstruction, finalité de la situation, sont des critères très forts:

*R: C'est le système qui ne va pas.*

*E: Mais le système est bon pour quelques points...il est excellent... ça, On a bien fait mais après...*

Alors qu'Eric accuse la dernière partie du message, sans aller jusqu'au rejet complet du système, Richard a jugé que "le système ne va pas".

**C) Evaluation formulée**

Comme on le voit dans la figure "objet réalisé", les élèves ont arrêté la construction au 6° rectangle. Les critiques qu'ils ont formulées sont significatives au niveau de la déstabilisation complète de leur interprétation du système, qui les empêchait même de rechercher des raisons précises. Nous pensons que la perfection qui a jusque-là caractérisé

le message est un des facteurs décourageant une telle recherche, ce qui explique, d'une part, la longueur du temps mis par les élèves à réviser leur interprétation des informations, et d'autre part la perte de la procédure d'interprétation au cours de la lecture des dernières informations, après le conflit de la séquentialité :

*E: Oui, mais...il faudra comprendre ce qu'ils ont écrit pour savoir ce qui manque...mais comme on ne comprend pas, on peut pas le savoir.*

En ce qui concerne la critique générale, la formulation : "le système ne marche que pour 5 rectangles" confirme notre analyse de l'interprétation qu'ont faite les élèves des informations concernant le rectangle de base : cette interprétation exclut ce rectangle de l'interprétation générale du système, et lui donne un statut particulier, et une interprétation particulière; en effet, les rectangles réalisés sont effectivement au nombre de 5 si on exclut celui de base.

Ce n'est qu'à la phase de comparaison entre objet initial et objet reconstruit qu'il y a eu prise de conscience de la raison de blocage du système; notons que le temps écoulé pendant la phase de décodage, et avant la phase de comparaison, à essayer de trouver la raison, sans pouvoir y aboutir, prouve que la séquentialité dans l'interprétation, et dans la communication des informations en harmonie avec l'action est un facteur si important que le contraire dans le message n'a pas été envisageable :

*E: Ah c'est Q ça ?...ah...mais M...mais c'est pas logique, ils mettent Q après M...comment on aurait pu construire M...avant de placer Q ?...et...R ?...c'est pour ça qu'on comprenait pas, nous...ben, voilà une critique....eh oui, s'ils avaient mis Q avant M, on aurait compris...c'est ça qui nous a embrouillés...c'était tellement bien expliqué là qu'on s'est attendu à avoir pareil, eh bien, non.*

#### D) Recodage

*E: On va se servir de ça, mais en changeant simplement l'ordre, parce qu'il est bien hein ?*

*R: Oui, il faut mettre tout dans l'ordre.*

La formulation de cette intention de garder la même système est révélatrice : "nous gardons le système.." ... "la construction se ferait plutôt dans cet ordre...". Cette distinction entre "système" et "construction" marque un degré d'abstraction que le premier aurait acquis par rapport à l'action, suite à la confrontation entre les deux objets; un consentement



avec la globalité du système de description transparait à travers cette déclaration, qui pourrait même atteindre le point d'accepter la description dans l'ordre figurant dans le message, à condition que les réalisateurs soient informés de l'ordre à suivre dans la construction.

Finalement, le rétablissement de la cohérence du système a permis aux élèves réalisateurs de construire un lien entre la procédure de description du message et le "code" utilisé par "l'ordinateur" :

*E: Comment il codait, l'ordinateur, avec apple ?...il y avait la hauteur,...*

*R: Le x,...*

*E: Il y avait l'abscisse, il y avait y...donc, ils ont pris la même chose que l'ordinateur.*

*R: Oui.*

*E: C'est ça, hein ?...ils ont pris le même système, un peu comme l'ordinateur.*

*R: Oui...x, y, z...voilà...moi, je le trouve bien, hein ?*

### III.2.3. "Olivier, Stéphane"

Ils avaient à reconstruire la maquette décrite par Eric et Richard (cf. le message de (Eric, Richard) dans l'annexe)

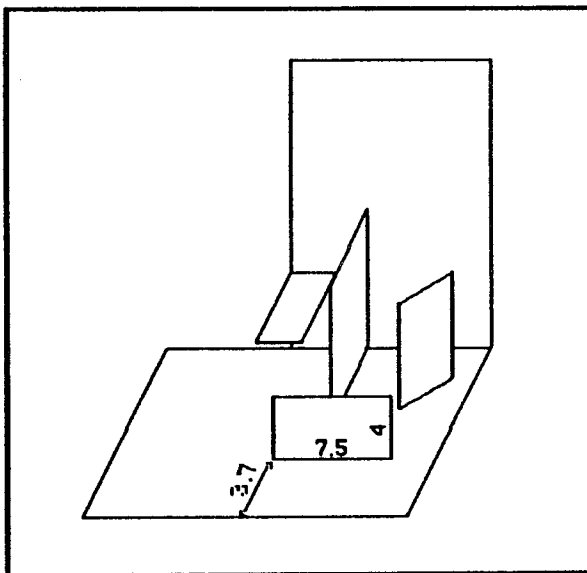


fig. VII.34  
Maquette décrite par (Eric, Richard)

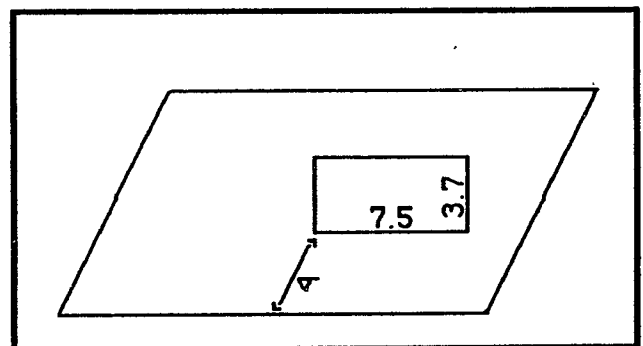


fig. VII.35  
Maquette réalisée par (Olivier, Stéphane)

**A) Analyse de l'évolution du décodage**

Le décodage du message a été entrepris, par le binôme réalisateur, d'une manière séquentielle, en un premier temps, et d'emblée pour chacune des six informations concernant les six plaques composantes de la maquette.

La première recherche, parmi les informations offertes, est celle visant à connaître, ou déduire, les dimensions de la plaque en question. En effet, l'action-but est celle de découper le rectangle, puis de le positionner à sa place, par rapport à la configuration.

Pour cette recherche, le problème majeur rencontré est celui de l'adoption, dans le message, de la notation des coordonnées pour exprimer les dimensions. Jusqu'à la découverte de cette signification, l'ambiguïté avait différentes ampleurs, selon le statut et la direction de la plaque en question, et selon les autres informations disponibles :

Aucune ambiguïté n'a été repérée lors de l'interprétation de l'information n°1, concernant le rectangle de base. Bien que les dimensions soient données, sans aucune spécification, avec une notation rappelant celle des coordonnées, un rectangle a été découpé, ayant les dimensions : 21x11. Nous pensons que deux facteurs avaient aidé à lever l'ambiguïté :

- \* malgré la notation analogue, le mot "coordonnées" ne figure pas,
- \* étant le premier rectangle à construire, et, de surcroît, celui de base, ses dimensions représentent la seule information nécessaire à sa construction : sa direction est déterminée par son statut de rectangle de base, sa position est libre, à une rotation près... jusqu'au moment où il faut situer les autres composants par rapport à cette base.

En effet, le problème de la position de la plaque de base 'a été posé que lors de l'interprétation de l'information n°2 :

*O: oui, mais est-ce qu'il faut le tenir comme ça? (il parle du rectangle de base, qu'il tourne)... ou comme ça?*

*S: ben, ils disent pas, hein?... il faudra le marquer..... on aurait dit qu'on le prend comme ça (position n°1, dans la figure)*

*O: oui, peut-être... par rapport aux autres trucs...*

La plaque de base a été positionnée avec un doute, que les élèves espéraient lever à l'aide des informations suivantes. Aucune liaison avec la notation usuelle des coordonnées n'a donc été faite, pour le cas de la plaque de base. Par contre, pour l'information n°2,

*S: .. qu'est-ce que c'est?*

*O: .... les coordonnées.. ils ont dû faire un axe, comme nous*

*S: on sait pas, hein?*

*O: si.... ça doit être sûrement ça*

Mais cette supposition a été perturbée par les valeurs des deux coordonnées: pour chacune des deux positions possibles du rectangle de base, l'une des deux coordonnées est plus grande que la dimension correspondante de ce dernier, ce qui enfreint la règle implicite chez les élèves: les frontières du rectangle de base délimitent l'espace de l'objet.

*O: ...et après, pourquoi il y a coordonnées, 18.6; 13?*

*S: ils disent pas coordonnées de quoi*

*O: à quoi ils servent, ces coordonnées?*

*S: ben, j'en sais rien*

*O: ils nous disent déjà où il est (la position étant assez claire, car donnée par les indications sur la distance entre le sommet du rectangle et le coin gauche, on ne voit pas l'intérêt des coordonnées*

*S: mais ça, c'est pas un rectangle... (il veut dire: ce sont les coordonnées d'un point)*

*O: oui... ils disent.... "rectangle"... donc, il y a un rectangle*

*S: oui, ça ne va pas... je ne vois pas du tout ce qu'ils veulent nous dire, hein?*

Les élèves décident d'essayer l'interprétation de l'information suivante :

*S: écoute, on passe au suivant; on verra après*

*O: oui... remarque, il y a pas d'ordre, hein?....*

Nous pensons que deux facteurs ont favorisé le dépassement de la séquentialité dans la lecture et l'interprétation des informations, et poussé le binôme réalisateur à abandonner, au moins momentanément, le décodage de l'information n°2 :

\* le haut degré d'ambiguïté et, par conséquent, l'impossibilité de réaliser une action, d'après les informations disponibles,

\* l'ordre de grandeur des nombres-mesures impliqués qui, interprétés comme coordonnées, s'opposent à une conception fixe de la plaque de base, délimitatrice de l'espace de l'objet :

**S:** 18 ça ne peut être que dans ce sens (le long de l'arête de la base, mesurant 21)... ça ne peut pas être 18 dans ce sens (le long de celle mesurant 11)

**O:** oui, je pense

**O:** alors, les coordonnées, ça doit être 8... euh....18.6!

**S:** déjà, il faut placer ce point là-bas (le point situé "à 8 du coin gauche")

**O:** pourquoi les coordonnées c'est 18?

**S:** je comprends rien.... ben si, 18, il y a 21

**O:** oui, mais, dans l'autre sens, il y a pas 13 alors, parce que c'est 11.... eh ben oui, même.... si t'as 18.6 comme ça,.... mais après, ça ne va pas, le 13, t'as un truc de 11

**S:** ah oui

**O:** c'est un rectangle de 11, normalement... ils marquent: "rectangle de base 21 et 11"

C'est avec l'information n°3 que le binôme décodeur déduira que le mot "coordonnées" est utilisé pour "dimensions" : bien que frontales toutes les deux, les deux plaques ("petite frontale" et "grande frontale") sont décrites avec une différence, provenant du fait de la coïncidence, restée implicite, d'un sommet de la plaque "grande frontale" avec un sommet de la plaque de base, ce qui n'est pas le cas pour la plaque courante. Le message donne donc une information supplémentaire, concernant la distance du sommet "droit, en bas" de la plaque courante au bord droit de la base. C'est cette information, associée à celle concernant la dimension 7.5 de la plaque, qui a aidé à découvrir la signification, dans le message, de la notation en coordonnées.

**O:** "..et à 10.5 du bord gauche"..... ah oui, alors on peut savoir,... (voulait-il dire qu'on pouvait savoir la position de la plaque de base?) mais c'est impossible.... à 3 du bord droit et à 10.5 du bord gauche.... ça fait 10.5,... (il a retranché 21-10.5)

**S:** non, c'est le deuxième point, qui est à 10.5 du bord gauche

**O:** ah

**S:** attends... mets un point,.. 10.5 du bord gauche, et C.... 7.5 d'écart (.....)

**S:** mais.... il a marqué...

**O:** coordonnées

**S:** oui... coordonnées.. mais coordonnées de quoi?... bonne question... ah oui... 7.5, c'est là, et 4, c'est là (distance au support de l'arête frontale "devant")

**O:** ah oui!!.... ordonné!..

**S:** ah oui! regarde, si on trace la ligne là, (ligne parallèle à l'arête normale de la base, située à 10.5 de celle de gauche)... (court silence, il la dessine) ça,... la ligne là,...; ensuite, il nous manque deux chiffres,... il nous manque là et là... eh ben, c'est 7.5 et 4

Une première étape vers l'interprétation de la signification de la notation en coordonnées est donc le passage par les coordonnées relatives; à partir de l'information "à 10.5 du bord gauche", un axe a été dessiné; avec le bord frontal "devant" de la base, il forme un repère, par rapport auquel l'autre sommet du rectangle a été repéré; implicitement, la même ordonnée a été accordée au premier sommet (qui est à 10.5 du bord gauche), de par les caractéristiques du monde d'objets. Cette interprétation a été favorisée par la fausse lecture de "Pr." pour "profondeur", qui a été lu comme "h.", et interprété comme désignant la hauteur (voir le manuscrit), ce qui a laissé la "profondeur" sans valeur, et favorisé l'attribution de la valeur 4 à cette distance-repère.

Cette construction du sens de "coordonnées" a mené à la déduction d'une signification plus directement liée à l'action de découpage du rectangle:

*O: mais je demande, le rectangle là, il a combien de hauteur?*

*S: ben.... ils confondent coordonnées et dimensions.... c'est dimensions, c'est pas coordonnées*

*O: alors, je coupe un rectangle de combien?*

*S: 3.7... sur.... 7 virgule,....*

*O: 3.7 sur 7.5; t'en es sûr?*

*S: non.... 7.5 sur 4... non..... 7.5 sur 3.7*

*O: c'est pas.... ho... c'est les coordonnées d'un point, hein?*

*S: mais ils se sont trompés, c'est les dimensions.. ça donne ça.... enfin, j'en sais rien*

En effet, le doute persiste car cette reconnaissance de la signification est perturbée par un problème provenant de l'erreur de lecture: "Pr.", lu "h.", attribue la valeur 3.7 à la hauteur du rectangle, donc, à l'une de ses dimensions; or, cette valeur ne figure pas dans la notation "(7.5; 4)". Par contre, une autre valeur y est, celle interprétée comme donnant la distance du rectangle au référentiel frontal, donc ne faisant pas partie des dimensions du rectangle.

Une telle interprétation, approuvée car elle a pu se traduire par une action, a amené à un nouveau dépassement de la séquentialité, par un retour, cette fois, sur des informations précédentes. L'objectif est d'essayer d'adapter cette interprétation aux informations n°2, qui présentent quelques différences avec celles de n°3 :

- \* le manque d'une information (cf. plus haut),
- \* la disposition des informations numériques concernant les distances-mesures et les distances-repères : dans l'information n°2, "profondeur" est écrit en toutes lettres, et ne sera donc pas lu comme "hauteur",
- \* l'ordre de grandeur des mesures.

*S: .... mais pour le premier, c'est plus compliqué... on dirait qu'ils n'ont pas utilisé la même méthode*

*O: oui, parce que 18 et 13,.... 13,...*

*S: oui... 13 ne peut pas être la largeur, parce que...*

*O: là, par ex.... comme là, les coordonnées, c'était.... 3.7 et 7.5.. il se trouve que là, c'est.... 18 dans ce sens, et 13 de hauteur*

*S: non..*

*O: ça fait beaucoup quand-même*

*S: oui*

"Ça fait beaucoup" car, partant du point ("situé à 8 du coin gauche"), une arête mesurant 18.6 excèderait les limites des frontières de la base.

Pour la plaque oblique (information n°4), l'interprétation était bloquée par plusieurs facteurs, dont nous mentionnons :

\* deux utilisations différentes de "gauche" et "droit" dans le message : la première concerne les sommets de la plaque en question, la deuxième les bords de la plaque de base; cette différence n'a pu être décelée par le binôme réalisateur;

\* l'ambiguïté est accrue par l'erreur de lecture : "Pr." est toujours pris pour "h.", et interprété comme désignant la hauteur; une telle interprétation rend impossible l'imagination d'un rectangle vérifiant les caractéristiques qui en résultent.

\* manque de l'information sur les dimensions de la plaque ou, si on veut utiliser le langage du message, sur ses "coordonnées".

*O: oh non.. à 9 du bord droit, ou à 1.5?... ça ne va pas (ils rigolent)*

*S: et.... à 17 du bord gauche... à la hauteur 7 gauche; ça veut dire quoi?*

*O: et à 9 du bord droit,... et à 1.5 du bord droit*

*S: et à 17 du bord gauche..... et à 7 du bord gauche (ils rigolent)*

*O: ils se contredisent; une fois, c'est à 9, et une fois, c'est à 1.5*

Pour la plaque "normale", la session de dialogue des élèves réalisateurs peut se passer de commentaire; nous nous contentons de noter que les élèves s'attendaient à une plaque frontale, par analogie avec la plaque "petite frontale" réalisée, qui est décrite par le message d'une façon analogue.

*O: attends.... la profondeur, il a dit combien, la profondeur?... combien il dit, la profondeur?*

*S: 6*

*O: ça va être 6 comme ça alors (à partir du bord frontal "devant" de la base)*

*S: oui*

O: *comme ça... à combien du bord gauche?*

S: *du bord gauche,... à 13... et à 8 du bord droit*

O: *ben oui, c'est là... c'était pas nécessaire de donner les... des deux côtés (ils rigolent)*

S: *donc, c'est juste, peut-être*

O: *attends.... et puis, alors.... quel est le 2° point?*

S: *il y a pas de 2° point*

O: *mais... on n'a qu'un point comme ça*

S: *oui (ils rigolent)*

O: *.. mais on n'a pas la hauteur*

S: *on n'a rien, on a un point, en fait*

Enfin, ils continuent le décodage des informations restantes, sans construire cette plaque.

Pour la plaque horizontale "suspendue", décrite par l'information n°6, le binôme réalisateur a su interpréter les informations sur les dimensions, qui étaient clairement données, et la hauteur du plan de cette plaque par rapport à celle de base, avec un implicite qu'ils partagent avec le binôme codeur, sur la différenciation sémantique, mais non syntaxique, entre les distances-mesures et les distances-repères. La réalisation est bloquée par le manque d'information sur la position de la plaque.

S: *... parallèle... parallèle au rec... donc, il doit être comme ça... alors, il faut faire un rectangle parallèle au rectangle de base,... de...*

O: *oui, mais situé... sur ce rectangle?*

S: *de hauteur 5,...*

O: *oui, mais..... sur ce rectangle? (la petite plaque frontale construite)*

S: *on sait pas*

O: *ben... comment tu sais si c'est sur celui-là ou sur les autres, qu'on n'a pas su faire?*

S: *attends.... "de hauteur 5, et de longueur 3,..." et ils disent pas où il est?... il doit être par rapport à celui-là, je pense*

O: *c'est sur celui-là?... non, il y a encore 3 autres rectangles*

S: *j'en sais rien, ils disent pas... on sait pas où il est situé.... (court silence) les coordonnées sont bonnes,... il y a toutes les coordonnées, mais on ne sait pas où il est situé*

O: *ben.... on sait pas si c'est les bonnes coordonnées.. on comprend même pas... lesquelles seront les coordonnées et lesquelles seront les... euh...*

S: *si, on sait que sa largeur, elle est de 5, sa longueur est de 3, et sa hauteur est de 5, mais on ne sait pas où il est placé... ils disent pas où il est, le rectangle*

Cette plaque n'a pas été construite non plus.

A la fin de ce propos, nous touchons à une confirmation de l'interprétation de "coordonnées" par "dimensions", encore plus, à une adoption, par Stéphane, du même langage : "il y a toutes les coordonnées", car on connaît la longueur et la largeur du rectangle.

### B) Evaluation générale

Une évaluation générale du message, et de la procédure de description, est apparue dans les propos des élèves, au cours de leurs tentatives pour interpréter les informations qui y figurent.

*S: oui, ça ne va pas... je ne vois pas du tout ce qu'ils veulent nous dire, hein?*

*O: (à Eric et Richard) on ne peut pas déchiffrer votre langage*

Et au cours de la prise de décision à propos du recodage :

*O: il faut tout redire.... comme nous l'avions fait... oui, parce que, en fin de compte, il y a aucun truc qui... qu'on comprend*

Une autre évaluation a accompagné le décodage et l'évaluation du message, c'est celle, effectuée par les élèves décodeurs, de leur propre procédure de description, et de leur propre formulation:

*S: pas compréhensible... t'as vu? le nôtre, ils y vont tout doucement, mais ils y arrivent bien... t'as vu comment on a fait, nous?... coordonnées de chaque point, et tout... abscisse, ordonnée,....*

*O: oui, mais on a marqué le truc opposé du machin opposé*

*S: mais de toute façon, on pouvait pas l'exprimer autrement*

### C) Evaluation formulée

Pour une évaluation intentionnelle et formulée du message en cours de décodage, un retour sur chacune des informations a été effectué. Le critère d'évaluation est la réalisabilité de la plaque correspondante, d'après cette information; c'est pour cela que les critiques (manque d'information ou autre), n'ont porté que sur quatre plaques: celles qui n'ont pas été réalisées

*S: pour le 1, il ne manque rien....(.....)..... le 3, on l'a fait,.... le 4,...*



Aucune critique, concernant les ambiguïtés que les élèves réalisateurs avaient rencontrées au cours de la reconstruction de ces deux plaques, n'a été signalée; par exemple : le manque d'information à propos de la position du rectangle de base, l'utilisation de "coordonnées " pour "dimensions" dans l'information n°3, etc.... Notons que, au découpage de la plaque n°3, après plusieurs essais d'interprétation :

*S: ah..... c'est peut-être ça... c'est dur à comprendre, hein?*

Nous pensons que le dépassement de ces critiques provient d'un certain équilibre entre deux processus d'évaluation, qui se déroulent en interaction: l'évaluation, par les élèves réalisateurs, de la formulation du message, et l'évaluation de leur interprétation propre des informations figurant dans ce message. Une ambiguïté peut provenir de l'un ou de l'autre de ce deux objets d'évaluation, ce qui incite les élèves décodeurs à fournir tout effort possible pour interpréter les informations, et aide à innocenter la formulation du message dès que les artifices ou même les implicites d'interprétation mènent la reconstruction du composant correspondant à sa fin. D'autre part, nous pensons qu'une fois l'interprétation est faite, les retours en arrière deviennent plus difficiles.

Les critiques formulées pour les informations non-interprétées se basent sur une interprétation partielle supposée, et sur les conceptions du rectangle disponibles chez les élèves, à travers les éléments nécessaires pour le définir. En effet,

- Pour la plaque n°2: "erreur de coordonnées"

*O: parce que là, on s'est trompé..... 13...*

*S: c'est une erreur de coordonnées,.... au 2,..*

La direction de la plaque étant connue implicitement (frontale), de même un sommet (celui "à 8 du coin gauche", marqué sur la maquette en construction par une trace), il reste à trouver l'autre sommet appartenant au plan de base, et la hauteur du rectangle. Ces informations, devant être données par l'information qui reste, et qui est désignée par "coordonnées", invitent à déduire une erreur dans les nombres, vue l'incompatibilité sémantique entre les nombres donnés et l'éventail de nombres attendus; cette incompatibilité est liée à l'opposition au dépassement des frontières de la base, liée à son tour à l'opposition aux prolongements de segments de la configuration (Bautier 1987)

Ce n'est qu'au moment de la confrontation du message avec avec l'objet initial que cette "erreur" a été conçue autrement : ce n'est plus une erreur de coordonnées, comme nombres, mais c'est une erreur de la signification à donner à "coordonnées" :

*S: ah!! c'est pas ce qu'on avait mis déjà.... regarde, c'est ce point-là.... mais il a pas dit que le deuxième point, il s'arrête au coin gauche.... "du coin gauche,... coordonnées 18.6;13..."*

*O: les coordonnées, je croyais que c'était sur la base, moi... mais enfin, c'était en hauteur*

Le deuxième sommet a été situé par le fait de sa coïncidence avec un sommet de la base : "au bord en haut à droite"; l'expression de ce sommet par les élèves réalisateurs est significative du problème de l'identification des deux directions bidimensionnelles spatiales : frontale et horizontale; en effet, "en haut" n'a de sens, pour le rectangle de base, que dans le cas où ce dernier est redressé verticalement.

- Pour la plaque n°4 : "incompréhensible.... il manque la profondeur et aussi la hauteur de ce rectangle"

"incompréhensible" porte sur les informations données, et le reste porte sur ce qui manquerait, si on adopte une interprétation précise, pour un sous-ensemble des informations présentes : "à 9 (droit) et à 1.5 du bord droit"

*O: ah... c'est là.. il a mis à la hauteur 7 gauche... pourquoi la hauteur serait à gauche?... une hauteur qui a 7 cm du point gauche...*

*S: comment on fait?*

*O: ben, j'ai compris... regarde.. 4.... c'est en deux fois, regarde... il dit à 9 du bord droit, et à 17 du bord droit,.... attends....*

*S: ah oui, il dit deux points.... il dit deux points*

*O: une fois... il y a un point qui est à 9 du bord droit, et l'autre qui est.... à l'autre....(....)...*

*S1: ben.... qu'est-ce qui manque comme truc?... on peut trouver deux points, mais on ne sait pas quel... à quelle profondeur ils sont, et quelle est la hauteur du....*

- Pour la plaque n°5: "un 2° point et la hauteur du rectangle"

Les informations données étant interprétées comme définissant un point, la détermination des informations qui manquent est inspirée par la procédure de description que le binôme décodeur avait adoptée dans son propre message : un rectangle perpendiculaire à la base est défini par la donnée de ses deux sommets appartenant au plan de la base, et de sa hauteur.

- Pour la plaque n°6 : "on ne sait pas où ce rectangle est situé"

On remarque le même rapport avec la formulation propre par les élèves décodeurs de leur message; en effet, les informations données peuvent former un sous-ensemble des informations analogues que les élèves décodeurs avaient données pour décrire leur "plaque (1)"; en plus à cet ensemble, ils avaient donné une longue description de la position de cette plaque.

Pendant la phase de confrontation entre le message et l'objet initial décrit, un nouveau processus de décodage s'est engagé : la correspondance entre les plaques, d'une part, et les informations qui les décrivent d'autre part; ceci, à cause de plusieurs raisons :

- \* absence de désignations et de codes symboliques faisant correspondre les informations aux plaques décrites,

- \* ambiguïté des informations, surtout au niveau du manque, et parfois l'erreur de la correspondance entre distances et directions principales de l'espace ("profondeur" interprétée comme "hauteur", par exemple).

*S2: je pense que c'est soit celui-là, soit celui-là*

*S1: non, là c'est 3*

*S2: oui.... ben, c'est celui-là*

*S: ensuite.... au 4, on a mis quoi?.... "incompréhensible", j'ai mis (ils rigolent) il manque la profondeur... alors, la profondeur,.. mais on sait pas duquel il parle.... de celui-là, peut-être?.... en fait, on sait carrément pas duquel il parle*

*S: ahl c'est pour ça qu'ils disaient à gauche... et à.... encore à l'autre... tu sais? ils disaient... un machin du bord gauche, et... un truc du bord gauche.... c'est un coup celui-ci, et un coup celui-là*

*O: là, c'est 7, et là c'est 9*

*S: et un du bord droit, et.... c'est compliqué, par là*

*O: oui... il faudrait le savoir*

#### D) Recodage

Pour le recodage, on assiste à une confrontation entre deux procédures, proposées par les deux élèves, et qui fait transparaître chez eux deux représentations différentes de la tâche:

- \* une reprise de la tâche de description, réalisée pendant la séance précédente, pour la même finalité, mais sur un autre objet; c'est la représentation que se fait Olivier, qui propose une reprise à zéro, un détachement du message présent, et une réadoption de leur propre procédure de description :

*O: on fait comme on a fait l'autre fois, ça doit être plus facile.... on dit.... qu'on va prendre un rectangle de base et on dit les coordonnées,.... puis on donne toutes les.... dimensions des rectangles,... on dit de découper tous les rectangles, on leur donne à chacun un nom,.... A, B, C, D,... chaque nom de chaque rectangle, et après on dit comment on les place*

\* une correction des informations du message présent, en le complétant par les renseignements et les instructions qui manquent; ceci suppose que le recodage approuve toutes les informations qui ont pu être traduites par l'action, et toutes celles qui peuvent l'être, si elles sont complétées; c'est la représentation que se fait Stéphane, qui a commencé à examiner une à une les informations du message:

O: oui, mais tu le coordonnes carrément, hein?... (le point situé "à 8 du coin gauche", qu'ils avaient marqué par une trace)

S: ben... on complète, regarde.... je ne parle pas de ce point-là, parce qu'il est déjà là... je parle de celui-là; et comme il manque celui-là,.... ensuite, il suffit de dire que la hauteur..

O: regarde.... 11 c'est là,.... coordonnées 11, et 8 c'est là.... 11; 8, sont donc des coordonnées du point là

S: c'est ce qu'on avait fait, regarde... on l'avait compris, ça.... la hauteur est 18.6, et... la largeur,.... ben, on la connaît.... c'est tout....

Durant cette confrontation, la deuxième représentation l'a emporté pendant un moment :

S: ils disent qu'ils sont perpendiculaires

O: oui, ben....on n'a pas besoin de dire ça; mais il faut dire que.... les rectangles.... les coord... les longueurs des rectangles... il est de largeur..., et de longueur ... on dit ça... qu'il faut le découper,.... et après, on dit ça... on a pratiquement tout dit, hein? sinon, ce que tu dis, on va pas s'en sortir, hein? on va rien comprendre (court silence)

S: ben, regarde.... c'est logique, regarde.... tu dis presque ce qu'il y a là (dans le message qu'ils avaient à décoder)... là, on dit qu'il manque un point,.... voilà, on met un 2° point,.... la hauteur, elle y est,....

O: oui, vas-y

Mais, à cause du (ou grâce au) haut degré d'ambiguïté de quelques informations, il y a eu un accord sur un détachement complet du message présent (consciemment, mais pas inconsciemment, comme le montre le message de recodage), et sur l'adoption d'un nouveau système de description, inspiré de celui qu'ils avaient adopté pendant la séance précédente :

S: ensuite.... au 4, on a mis quoi?.... "incompréhensible", j'ai mis (ils rigolent) .. mais on sait pas duquel il parle.... de celui-là, peut-être?.... en fait, on sait carrément pas duquel il parle

O: je sais... c'est pour ça que... compléter, on peut pas, enfin.... il faudrait tout barrer, tout refaire (court silence)

S: oui, il vaudrait mieux tout expliquer

O: tu vas voir, ça va être vite fait

Analyse des modifications apportées à la nouvelle procédure de description, par rapport à l'ancienne :

On remarque, dans ce message, une tendance à donner plus d'informations et de précisions que dans l'ancien message du même binôme; pour un partie, ces informations sont même redondantes; nous pensons que leur confrontation à l'interprétation par l'action du message d'autres élèves leur a fait prendre conscience d'ambiguïtés possibles dont, bien que levées par leur système de repérage différent de celui du message qu'ils ont décodé, ils n'avaient pas pris conscience. Donnons quelques exemples :

\* Suite à l'ambiguïté : "*comment on doit tenir la base?*", rencontrées lors de la reconstruction, la position du rectangle de base a été discutée explicitement, et une recherche pour exprimer les correspondances entre ses dimensions et les directions de ses arêtes a été engagées :

*O: il faut dire comment on le tient, le rectangle.... si on le tient comme ça, de face, ou comme ça (ceci, après avoir dit qu'il y a un repère, et après avoir fixé la position de l'origine)eh ben, attends*

*S: non, c'est pas la peine, parce que...*

*O: c'est pas la peine?!*

*S: parce que... eh ben, tu dis que l'axe des ordonnées.... jusqu'à 11, et que l'axe des abscisses jusqu'à 21*

*O: ah oui*

\* Les dimensions des plaques sont données d'une manière explicite, organisée mais redondante. En effet, une des deux dimensions peut être déduite de l'écart entre les deux sommets donnés plus loin, appartenant au plan de base, pour les plaques qui lui sont perpendiculaires; notons que seule la hauteur de telles plaques a été donnée explicitement dans le message précédent du même binôme. Nous pensons que les difficultés rencontrées par ce binôme pour trouver les dimensions des plaques composantes, première nécessité à l'action de reconstruction, motivent cette redondance.

\* A part la désignation des sommets des plaques appartenant au plan de base, aussi désignés dans leur message précédent, les élèves ont désigné chacun des rectangles par une lettre (sauf celui de base). Nous lions cette désignation aux difficultés qu'ils ont rencontrées lors de la reconnaissance des correspondances entre plaques et informations, au cours de la confrontation entre le message décodé et l'objet initial qu'il décrit. Notons que, contrairement à leur message précédent, celui présent comporte une information indépendante pour chacune des plaques, ce qui rappelle l'organisation du message qu'ils viennent de décoder.

\* Le message présent est beaucoup plus instructionnel que le message précédent du même binôme, qui était déclaratif et descriptif; on remarque, dans le message présent, une reprise de l'ordre des actions qui guidait la recherche par les élèves réalisateurs des informations précises nécessaires à ces actions; le message offre, dans l'ordre, les instructions correspondant à ces actions, et les informations qui leur sont nécessaires : "on travaille sur un rectangle de base (ses dimensions), découper 5 rectangles (les dimensions de chacun avec la lettre le désignant), tracer un repère (ses caractéristiques)" Quant au positionnement des rectangles, la description a suivi un processus contraire à celui adopté par le message précédent du même binôme : un processus beaucoup plus lié à l'action de reconstruction qu'à une description statique de l'objet. En effet, (faire le lien avec les deux processus : descendant et ascendant; dans le message présent, la recherche s'est arrêtée au processus descendant, sans retour par un processus ascendant.). Notons, finalement, que le message intervertit l'ordre de D et E.

## **Conclusions générales**

Pour présenter une synthèse de cette étude, nous trouvons nécessaire de rappeler les objectifs principaux qu'elle a annoncés. On peut les classer en deux pôles :

\* la spécificité d'une approche de problèmes de la géométrie dans l'espace à l'aide de l'informatique, comme outil d'aide à l'enseignement;

\* la notion de "sens" d'une connaissance, du point de vue de la didactique.

Nous avons tenté de les aborder en prenant comme savoir à enseigner la notion de "système de référence". La question principale fut d'étudier la possibilité de restaurer, au cours de l'enseignement de la géométrie analytique, le lien de sens entre les configurations spatiales et leur modélisation numérique, à travers les représentations graphiques. Une telle question ne peut être posée sans évoquer les difficultés pratiques qui rendent longues et coûteuses des activités graphiques dans l'enseignement. Une hypothèse de ce travail est que l'informatique peut être un outil d'aide, permettant une approche différente de ces problèmes, amenant, peut-être, des éléments de solution.

Dans ce qui suit, nous allons récapituler quelques "résultats" que nous considérons significatifs au niveau de ces deux pôles. Avant de présenter les modèles de connaissance construits par les élèves dans le champ conceptuel du repérage dans l'espace, nous allons dégager quelques aspects caractéristiques d'une approche de ce problème à l'aide de l'ordinateur.

## **I. Caractérisation d'une approche des problèmes de repérage dans l'espace à l'aide de l'outil informatique**

### **I.1. Du côté de l'apprentissage des élèves**

#### **i- Représentations symboliques, substitut de manipulations concrètes**

Du point de vue de la relation des élèves aux représentations symboliques, nous avons pu noter l'importance de la possibilité de simulation des situations spatiales que permet l'ordinateur. Poussée encore plus loin grâce au type d'interaction du matériel informatique utilisé, la simulation a souvent amené à une identification, chez les élèves, de l'activité de traitement des représentations graphiques à une activité de manipulation concrète, par un processus d'identification aux situations spatiales représentées (les élèves parlent de "pousser", de "tirer", d' "éloigner" des facettes). Cette force de simulation a été, pour nous, une garantie du lien de sens entre les configurations spatiales et leurs modélisations.

#### **ii- Interaction informatique-géométrie**

L'analyse de l'activité des élèves a conforté l'hypothèse d'une interaction entre la construction par les élèves de connaissances concernant le mode de fonctionnement du dispositif informatique, d'une part, et les connaissances géométriques élaborées au cours de la résolution des problèmes, d'autre part.

Cette interaction est liée à l'élaboration par les élèves du sens des informations qu'ils traitent ou des modèles d'action qu'ils adoptent. Donnons des exemples : Dans le cadre informatique, les significations qu'ils attribuent aux unités informationnelles au sein d'une procédure particulière sont liées aux contraintes de la tâche et au sous-but qu'ils visent à atteindre (par exemple, le défilement des coordonnées a acquis son sens en fonction des données du problème, mesures imposées du pavé à construire, chap.IV). Dans le cadre géométrique, et au cours de la première activité ("simulation", chap.II), l'analyse des dialogues des élèves a montré la concomitance de deux aspects de leur activité :

- \* leur découverte et leur explicitation progressive des propriétés topologiques du logiciel Mac Paint,
- \* leurs prises de décision à propos de l'ordre de composition des cubes dans chacune des directions principales de l'espace.



Ce sont ces propriétés topologiques qui ont induit chez les élèves, par la suite, les stratégies d'organisation de l'espace de l'objet par rapport à une structure de trièdre.

Au cours de la réalisation de représentations graphiques avec Mac Space, cette interaction fut encore plus étroite : la réalisation des tâches doit nécessairement passer par la construction progressive du système de référence du logiciel et des règles de son fonctionnement. Les indices d'une telle interaction ont été largement explicités dans l'analyse de l'activité des élèves (chap.IV, V, VI). Dans tous les cas, elle a été un facteur moteur de l'évolution des connaissances dans les deux cadres informatique et géométrique.

### **iii- Evolution, chez les élèves, du rôle de l'ordinateur**

En suivant l'évolution de la conduite des élèves vis à vis de l'ordinateur, nous avons noté une évolution importante dans leur manière d'utiliser cet outil, indices qui indiquent une évolution de la manière dont ils le conçoivent. Ce phénomène prend surtout de l'importance au cours de la séquence avec le logiciel Mac Space, où la résolution du problème se fait au niveau de son mode particulier de fonctionnement. Considéré au début de la séquence comme un outil pour l'essai-erreur, en vue de l'obtention d'un résultat, l'ordinateur devient progressivement un outil de validation de conjectures, de construction cohérente d'un mode d'utilisation; il est considéré comme un outil expérimental pour tester des hypothèses autour du mode de fonctionnement, ou de méthodes pour les constructions visées. On peut se rendre compte d'une telle évolution en remarquant, dans la partie de l'annexe correspondant aux premières activités avec Mac Space, l'évolution des suivis schématiques des opérations réalisées par les élèves : les schémas tendent vers une uniformisation, exprimant la tendance des élèves vers des procédures fermées et standardisées.

Cette évolution est liée à celle de la représentation que se font les élèves des tâches qui leur sont proposées : les premiers contacts avec la machine sont caractérisés par une idée précise de la réussite de leur tâche : obtenir un résultat, un dessin qui puisse être "vu" comme représentant l'objet, même si sa construction n'a pas respecté les contraintes du logiciel ou les propriétés géométriques de l'objet. Des exemples d'une telle représentation de la tâche sont donnés par quelques stratégies des élèves basées sur le tâtonnement :

\* la stratégie consistant, au cours de la construction d'un assemblage de cubes avec Mac Space, à déplacer progressivement une facette dans une fenêtre de traitement, jusqu'à ce que sa représentation dans la fenêtre 3D tombe à l'endroit voulu (chap.V, § III.7.2),

\* la stratégie consistant, au cours de la construction de l'escalier, à attribuer successivement des valeurs différentes de la "3<sup>o</sup> coordonnée", jusqu'à ce que la connexité du composant avec l'ensemble de la figure soit assurée (chap.VI, § II.5.4).

Ces stratégies visent à utiliser les connaissances incomplètes jusque-là construites du mode de fonctionnement du logiciel, en les détournant pour obtenir dans la fenêtre 3D une étape du résultat graphique voulu. Ce sont les contraintes du logiciel qui infirment, dans la suite, le résultat partiel obtenu de même que la stratégie utilisée.

Par opposition à de telles stratégies, l'activité des élèves au cours de la construction de la signification de "3<sup>o</sup> coordonnée" offre un exemple où l'ordinateur sert à la validation de conjectures à propos de ces significations et, de même, à propos du fonctionnement de cette commande. Pour décider laquelle adopter, parmi deux conjectures proposées chacune par un élève, les deux partenaires (cf. annexe, activité "Escaliers", (Olivier,Stéphane)) réalisent des essais ayant pour objectif de tester ces conjectures. Ces essais sont fondamentalement différents des tâtonnements en vue de l'obtention d'un résultat graphique : ils sont fondés sur une méthode expérimentale, en vue d'une construction intellectuelle cohérente du mode de fonctionnement.

Cette évolution de la représentation chez les élèves du rôle de l'ordinateur a été favorisée par les choix de la séquence (enchaînement des situations, choix des objets à construire en fonction des contraintes de fonctionnement des logiciels,...).

## **I.2. Du côté des élèves, vis à vis de la notion :**

### **Acquisition de la notion de "système de référence", construction du sens**

#### **i- Des obstacles constitutifs de l'apprentissage du repérage dans l'espace :**

Au début de cette étude, nous avons déclaré nous intéresser au sujet de la construction du sens d'une notion mathématique, notamment celle de "système de référence", comme moyen de modélisation des rapports à l'espace physique. Rappelons que Brousseau a caractérisé le sens d'une notion par les situations dans lesquelles l'élève l'a rencontrée comme moyen de solution, mais aussi par "l'ensemble des conceptions, des choix antérieurs qu'elle rejette". Dans ce cas, ces "conceptions" et ces "choix" jouent le rôle d'obstacles, contre lesquels se construit la connaissance, en procurant les moyens de les dépasser.

Parmi les résultats qu'elle a dégagés, cette étude a permis de mettre en évidence quelques obstacles que nous considérons constitutifs du processus d'apprentissage du repérage dans l'espace. Le franchissement de ces obstacles a été favorisé par les contraintes des situations : contraintes des logiciels, nature des objets impliqués, règles du jeu. Nous nous contentons de caractériser rapidement quelques-uns de ces obstacles :

\* les connaissances et pratiques en dessin technique, obstacle à l'acquisition du mode de fonctionnement de Mac Space (chap. IV, conclusion).

\* prégnance de la vue de face, obstacle à une représentation isotrope de l'espace (chap. IV, conclusion).

\* obstacle "plan de la facette", basée sur une conception de la tâche de construction d'une facette comme une tâche de remplissage d'une zone de l'espace (chap. VI).

\* principe de la connexité, consistant à considérer que la construction d'un composant de l'objet commence là où celle du précédent s'est terminée. Dépasser une telle conception est l'une des nécessités incontournables pour la construction du système de référence; une telle construction doit être basée sur une conception analytique qui dépasse la connexité des composants (chap. VI).

\* la perception a joué un rôle double particulier : comme point d'appui intuitif dans certaines conditions et comme obstacle dans d'autres.

## **ii- Systèmes de référence sous-jacents aux modèles d'action au cours d'une interaction avec l'ordinateur : d'un repérage topologique à un repérage euclidien**

Différents systèmes de référence ont été construits par les élèves au cours de la séquence, liés aux différentes situations proposées. L'évolution à travers ces systèmes s'est accompagnée par un renforcement de la structure euclidienne. En effet, cette dernière est une caractéristique prégnante des systèmes de référence construits.

D'autre part, un aspect assez général semble caractériser l'ensemble des conditions ayant favorisé l'apparition et l'utilisation des différents systèmes de référence, dans les situations adoptant les représentations graphiques comme système symbolique : le problème de la perception. Cette recherche a attribué un rôle double à la perception, alternativement comme point d'appui intuitif et comme obstacle à franchir. Dans les cas où les ambiguïtés perceptives sont importantes, donc dans les cas où la perception

fonctionne comme un obstacle, la réalisation de la tâche par les élèves est un indice de son franchissement; ce dernier se fait théoriquement, d'après les analyses a priori, grâce à la construction et l'utilisation par les élèves du système de référence adapté.

Dans chacune des situations-problèmes, la construction par les élèves d'un "système de référence" est donc apparue comme une solution pour surmonter une difficulté de la résolution du problème posé. C'est par rapport à la finalité de la tâche et à la nature de la difficulté affrontée que le système de référence construit a pris son sens.

Par ailleurs, l'analyse de l'activité des élèves a montré que les systèmes de référence construits au cours des différentes situations sont étroitement liés à des structurations particulières de l'espace. Ces dernières ont été conditionnées par la nature des objets à représenter, la nature de la tâche à réaliser et les contraintes des logiciels. L'analyse a pu mettre en évidence une interaction entre l'évolution de la construction, par les élèves, du mode de fonctionnement du dispositif informatique et l'évolution de leur organisation de l'espace des objets, selon les structurations correspondantes aux différentes situations.

Dans ce paragraphe, nous allons récapituler les différents types de systèmes de référence construits par les élèves, en les précisant pour chacune des situations.

\* Système de référence topologique (chap.II, § II) :

Il est construit au cours de la première situation "Simulation". Les référentiels principaux sont les trois axes selon les trois directions principales de l'espace, l'unité constitutive de l'espace est le cube, le système de mesure est remplacé par le dénombrement des cubes. La construction par les élèves d'un tel système de référence (explicité ou appliqué implicitement) eut pour finalité d'éviter l'effacement de portions de la représentation du cube courant, opération coûteuse et risquée : le contrôle par l'ordre spatial selon les trois directions principales de l'espace est d'autant plus favorisé que la stratégie d'effacement est rendue plus coûteuse (cf. chap.II, § II). Les propriétés topologiques du logiciel (chap.II, § I), transformées en contraintes par un choix judicieux de la tâche et des valeurs des variables, ont donc favorisé une telle construction, dans un but précis. Découvrant les règles facilitatrices au niveau de la représentation graphique, les élèves ont été amenés à construire des règles correspondantes au niveau de l'objet matériel. Ils sont donc amenés à organiser l'espace de l'objet par des relations spatiales qui relèvent de l'ordre dans les trois directions principales de l'espace, directions du trièdre euclidien.

**\* Système de référence par plans successifs (chap.II, § III) :**

Il est construit au cours de la deuxième situation "Arêtes cachées". A un tel système de référence est sous-jacente une structuration de l'espace, favorisée par la finalité de cette tâche (concernant pourtant le même type d'objets que la situation précédente). L'ordre spatial porte, cette fois, sur des objets plus abstraits, des plans équidistants de l'objet, organisés dans les trois directions principales de l'espace; ces plans constituent un quadrillage de l'espace de l'objet; ils sont conçus par la mise en rapport de familles de faces de plusieurs cubes.

Dans ce cas, la construction du système de référence eut pour finalité le franchissement des ambiguïtés perceptives. Même si, avant la phase collective, les relations régissant les éléments du dessin ont été peu formulées, elles ont abouti à la mise en évidence de référentiels par rapport auxquels peuvent être situés les autres composants. Par une relation de correspondance permanente entre le dessin et l'objet qu'il représente, ces référentiels correspondent à des composants de la configuration spatiale : les trois plans d'un trièdre euclidien. L'analyse des données expérimentales a montré que l'organisation de l'espace selon cette structure a été pour beaucoup d'élèves un moyen de contrôle efficace contre les ambiguïtés perceptives.

**\* Système de référence "par strates" (système de référence de Mac Space) :**

C'est le nom que nous avons donné au système de référence du logiciel Mac Space. Une structuration de l'espace lui est sous-jacente (chap.III, § II), liée aux moyens d'accès aux différents niveaux de traitement que possèdent les élèves-utilisateurs. L'espace du logiciel est régi par un trièdre orthonormé, par rapport auquel les élèves doivent situer les différents composants de la configuration à construire. Alors que les deux systèmes précédents étaient liés à l'objet, l'analyse a pu mettre en évidence les étapes de détachement de l'objet au cours de la construction par les élèves de ce système de référence (chap.VI, § II.6, cas de (Olivier,Stéphane)).

Au niveau des premières activités des élèves avec Mac Space, nous avons dégagé des stratégies visant à adapter à la nouvelle situation des modèles d'action déjà utilisés avec succès dans d'autres situations. Nous les avons classées en catégories : "papier-crayon", "ordre de traitement des cubes" relevant de l'organisation topologique de l'espace de l'objet, "dessin technique" et "Mac Paint" (chap.V, § II).

Ces essais d'adaptation sont confrontés aux contraintes spécifiques du nouveau logiciel, provenant de la structuration particulière de l'espace qui lui est sous-jacente. Dans ce cas, la construction du système de référence régissant le logiciel s'est avérée comme une condition nécessaire pour le dépassement des stratégies d'adaptation en vue de la résolution des problèmes posés. Elle s'est effectuée progressivement par la construction évolutive de significations aux unités informationnelles du logiciel.

Les aspects du système de référence concernés à chaque étape ont été favorisés comme éléments de solution à un problème donné, comme outils à une finalité précise. L'étude des productions des élèves a été menée en fonction d'un modèle des "processus-clés" attendus pour la construction de l'espace du logiciel (chap.IV, § III.2.1), étude fondée sur une analyse conceptuelle de ce logiciel (chap.III, § II.2).

L'analyse de l'activité a pu dégager une conception dynamique du repérage construite par les élèves (cf. chap.IV, § III.2, cas de (David,Rachel)), surtout par rapport aux valeurs des deux coordonnées variables au sein d'une fenêtre de traitement (coordonnées dynamiques). Cette conception donne une nouvelle signification opérationnelle au point origine, aux valeurs des coordonnées et à l'opération de repérage : au lieu de la définition "l'origine est le point ayant des coordonnées nulles", a émergé une autre définition liée au dynamisme des modifications des valeurs de coordonnées affichées : "l'origine est le point auquel s'annulent les valeurs des coordonnées, en l'approchant indéfiniment".

Un autre processus a été mis en évidence : c'est le processus d'évolution de la signification de la coordonnée statique : "3<sup>o</sup> coordonnée". Les tâches proposées et la nature des objets à représenter ont fait évoluer cette signification dans le sens de son extension, de son dépassement et de la rupture des liens exclusifs instaurés entre cette coordonnée d'une part, et une fenêtre de traitement, une direction et une valeur déterminée d'autre part; ces trois caractéristiques ayant été favorisées par une signification circonstancielle privilégiée par la phase collective (cf. chap.VI, § II.V, II.6).

Finalement, une organisation mentale progressive de l'espace du logiciel, en interaction avec l'espace de l'objet, a été constatée, à travers le jeu des cadres géométrique, numérique et informatique. Les élèves ont pu construire des liens entre le fait de situer une facette par rapport à d'autres constituants, et le fait d'affecter aux coordonnées des valeurs adaptées, calculées à partir de données numériques et de relations spatiales bien structurées.

### **iii- Systèmes de référence comme moyens de communication d'informations spatiales**

La dernière situation-problème de la séquence (situation de communication) avait plusieurs objectifs. L'analyse a montré qu'à part son rôle comme moyen d'évaluation de connaissances déjà acquises, elle a un rôle constitutif de ces connaissances, de par la formulation qu'elle impose des modèles : l'analyse des données expérimentales a conforté l'hypothèse d'une interaction entre la conceptualisation de ces modèles et leur formulation, résultat déjà prouvé par ailleurs. Elle a montré, de même, une relation importante entre le type de l'objet proposé (la composition de la maquette) et le système de repérage construit pour le décrire.

Nous sommes partie de l'hypothèse qu'une telle formulation procure des indices d'évaluation de l'état actuel des connaissances des élèves. Cet état est considéré comme résultant :

- \* d'une maîtrise des rapports spatiaux qui a évolué tout au long de la réalisation des tâches précédentes,
- \* de la structuration progressive et dynamique de l'espace par les élèves selon les trois directions principales,
- \* de la transformation de leurs connaissances initiales acquises au cours des situations précédentes, impliquant des manipulations de représentations graphiques à l'aide de l'ordinateur.

D'un autre point de vue, et comme il a été dit dans le préliminaire du chap.VII (§ I.1.2), cette dernière situation-problème de la séquence d'enseignement (situation de communication) avait pour objectif d'amener une décontextualisation, et un transfert des connaissances sous-tendant les modèles d'action avec l'ordinateur, dans une situation exigeant la formulation de ces modèles. En effet, une connaissance particulière est considérée comme construite par l'élève dès lors qu'il peut la décontextualiser, la reconnaître et l'utiliser dans de nouvelles situations, comme solution adaptée.

Dans cette situation, les systèmes de repérage prennent leur sens comme moyens de communication d'informations spatiales. Ils se présentent comme une nécessité incontournable de la situation. Dans les messages produits par les élèves, nous avons dégagé les aspects indiquant un transfert à la nouvelle situation de connaissances acquises lors de la construction du système de référence de Mac Space : Quoiqu'ils soient fondamentalement différents, les trois systèmes de repérage construits par les trois binômes présentent de tels indices. Donnons rapidement des exemples :

Eric et Richard ont utilisé le procédé de repérage d'une facette rectangulaire dans Mac Space : situer son niveau de traitement puis déterminer sa position dans le plan de traitement correspondant, en déterminant la position de l'un de ses sommets. Ils ont même utilisé le langage de Mac space (niveau). Nous avons montré que leur activité n'a pas abouti à un repérage correct à cause de la persistance de l'obstacle "plan de la facette".

Olivier et Stéphane ont construit un système de repérage fondé sur la structuration de l'espace au sein de la fenêtre de la vue de dessus de Mac Space : l'espace est la juxtaposition d'un plan horizontal et d'une direction unidimensionnelle verticale. Pourtant, nous ne pouvons affirmer que l'interaction avec le logiciel en est la raison fondamentale, car d'une part un tel type de repérage est assez naturel, et d'autre part il a été favorisé par la composition de la maquette à décrire (une seule plaque de grande taille).

Quant à David et Rachel, ils ont construit un système de référence tridimensionnel, en désignant trois axes et une origine. Par leurs directions et leurs orientations, les éléments de ce système rappellent ceux de la fenêtre de la vue de dessus de Mac Space.

### **I.3. Réflexions à propos de l'utilisation de l'informatique dans l'enseignement**

Les résultats précédents, concernant le rapport de l'élève à la tâche à travers l'ordinateur (cf. § I.1.iii), nous invite à quelques réflexions qui peuvent aboutir à des questions à propos de l'utilisation de l'ordinateur, cette fois du côté de la situation d'enseignement :

L'ordinateur peut jouer un rôle important au niveau de la relation d'enseignement : il permet la construction de situations-problèmes où la validation du travail des élèves est interne à la situation : par la mise en jeu des moyens de contrôle (perception ou relations géométriques / numériques), les élèves peuvent décider si leur construction d'un composant est correcte ou non. Même dans les cas où la tâche est détournée, comme dans les exemples relatés ci-dessus (exemple où les élèves modifient la position de la représentation d'une facette dans une des fenêtres de traitement jusqu'à ce que la représentation correspondante dans la fenêtre 3D tombe à l'emplacement voulu), les contraintes de la tâche et du logiciel peuvent révéler la non correction de la construction. Ainsi, la validation des résultats ou des procédures ne reste pas tributaire de l'autorité du maître.

Par ailleurs, avec l'utilisation de l'ordinateur, la question de la dévolution du problème devient plus complexe, à cause de la part de dévolution déléguée à la machine. Par sa consigne, l'enseignant explicite aux élèves, en fait, le résultat qui doit apparaître à l'écran.



Mais les objectifs réels de la tâche se situent, en réalité, à un autre niveau : celui de la construction par l'élève des représentations graphiques au sein des contraintes du logiciel, donc en utilisant des connaissances particulières comme outils de solution. On est là face au paradoxe dans lequel se trouve l'enseignant, paradoxe mis en évidence par G. Brousseau (1986a) et repris par D. Grenier (1988) : dévoiler les vrais objectifs de la tâche signifie : donner la solution aux élèves. De ce point de vue, des questions peuvent se poser à propos du sens, pour les élèves, de la tâche qu'ils doivent réaliser, et de sa relation avec le problème qui leur est posé, dans le cadre d'un dispositif ayant sa propre logique de fonctionnement : Qu'est-ce qui peut déterminer pour l'élève le but de la tâche, ce qui est licite et ce qui n'est pas légitime ?

Ainsi, l'ordinateur prend part à la dévolution du problème aux élèves, et à la validation interactive de leurs réalisations : leur représentation de la tâche est ainsi à plusieurs reprises transformée, par le processus d'interaction avec le dispositif, non plus par le souci de réaliser un résultat qui satisfasse le maître.

D'un autre point de vue, cette étude a montré qu'il est possible d'utiliser, pour l'enseignement, des logiciels non conçus, à l'origine, à des fins d'enseignement. Cette perspective ouverte sur un large éventail de possibilités de choix et de nécessité de prises de décision pose la question du rôle du maître dans une telle orientation, où la situation d'enseignement n'est pas déléguée à un didacticiel, donc au concepteur du logiciel. La recherche a montré l'importance de la construction et de l'enchaînement des situations-problèmes, des choix faits en fonction d'une analyse conceptuelle des logiciels, de manière à favoriser un processus d'apprentissage contrôlé. Ainsi, tout en déléguant à la machine des aspects importants de la relation didactique, l'enseignant reste maître de la situation didactique et son ingénieur car, en fait, la décision à propos du degré et de la manière dont ces aspects seront délégués à la machine fait partie de sa construction de la situation.

Finalement, d'après le déroulement de l'activité des élèves, nous pouvons mettre en évidence un résultat principal qui rejoint des résultats déjà connus dans le domaine de l'ergonomie. Ce résultat peut nous engager sur d'autres hypothèses plus générales, concernant l'initiation et la formation préalable à l'utilisation dans l'enseignement de l'outil informatique : on l'a bien noté, l'observation par les élèves des effets de fonctionnement de quelques procédures (activité semi-guidée, chap.III) n'a pas amené à une résolution immédiate d'un problème dont la solution est basée sur les mêmes procédures. Un processus complexe de structuration de ces connaissances a été indispensable, son moteur principal étant, d'une part, les contraintes du logiciel, et d'autre part les contraintes de la tâche et l'existence d'un but à atteindre, annoncé à l'avance.

De ce fait, nous pensons que les phases d'initiation ou de familiarisation des élèves à l'utilisation du dispositif doivent être contrôlées, comme faisant partie intégrante du processus général d'acquisition des connaissances visées par une situation d'enseignement impliquant l'ordinateur. Un tel principe est lié à l'hypothèse que la construction des connaissances à propos de la logique d'utilisation du dispositif se construit en étroite interaction avec la résolution du problème posé. A plus forte raison, un exposé ou une démonstration (par l'ostension) des règles élémentaires de fonctionnement ne pourra être de grande utilité.

## **II. Perspectives : Des questions qui restent ouvertes**

Si nous pensons que notre étude présente des éléments pour la construction de situations-problèmes à l'aide de l'outil informatique, en vue de préserver, voire de restaurer le lien de sens entre le spatial et le numérique, nous sommes consciente du fait qu'il reste des questions non résolues, pouvant être considérées comme des perspectives d'études futures, à différents niveaux : des questions méthodologiques, de même que des questions concernant l'enseignement, questions que cette étude a frôlées sans pouvoir les approfondir.

### **II.1. Une question méthodologique :**

Cette recherche a permis de cerner, à travers l'analyse clinique de quelques cas, des modalités des conduites cognitives des élèves vis à vis du champ conceptuel concerné, de même que quelques obstacles constitutifs des notions impliquées. Ces résultats peuvent servir de point de départ à d'autres études visant plus de généralisation et de représentativité, et adoptant d'autres méthodes de recherche, sans vouloir masquer les subtilités des faits observés lors d'une analyse clinique. Cette étude peut, en effet, leur procurer des questions pertinentes, des hypothèses, des critères d'analyse. Une perspective est ainsi ouverte sur la délimitation du domaine de validité des résultats tirés.

### **II.2. Questions sur l'enseignement :**

Ayant adopté des objectifs précis, cette recherche n'a pu traiter quelques questions rencontrées en cours d'analyse, et ne s'inscrivant pas dans le corps de ces objectifs. Ces questions laissent donc des perspectives ouvertes :

Une des questions soulevées concerne les spécificités des difficultés des élèves de CPPN, face aux problèmes posés. Nos observations (encore naïves) ont montré des difficultés de formulation, d'abstraction de relations spatiales et d'utilisation de codes symboliques. Par contre, nous n'avons pas repéré de décalages significatifs par rapport aux élèves de 3<sup>o</sup>, au niveau de l'action simulant des manipulations concrètes (situation-problème "Simulation", § II du chap.II) ou du traitement de dessins dans une situation analogue à celle avec papier-crayon (situation-problème "Arêtes cachées", § III du chap.II). Des blocages importants ont été observés dans les autres situations.

Nous pensons qu'une telle question mérite une étude approfondie, ayant pour objectif spécifique d'analyser les difficultés de ces élèves, en formation à des métiers exigeant une certaine maîtrise des rapports spatiaux et des représentations graphiques (dessin technique).

Une autre question a suscité notre intérêt au cours de la recherche : celle de la spécificité, pour les élèves, de la structure d'atelier au sein de laquelle nos expérimentations ont eu lieu. Quel statut lui attribuent-ils ? Quelles relations instaurent-ils entre les connaissances acquises en cours de mathématiques et celles acquises au cours de l'atelier d'informatique ? à quel point et de quelle manière est-il possible d'aboutir à un transfert et une intégration, dans l'ensemble des connaissances mathématiques des élèves, de savoirs et savoir-faire acquis au sein de l'atelier d'informatique ? Notre recherche a permis d'observer :

- des moments où le lien avec les mathématiques, évoqué par le maître, a soulevé quelque étonnement chez les élèves (par exemple, la désignation d'un "cube-origine" au cours de la phase collective de la situation-problème "Simulation", chap.II, § II)
- des moments où la décision de rapprochement avec les mathématiques a été prise par les élèves eux-mêmes (par exemple, dans l'interprétation des symboles x, y et z lors de la construction avec Mac Space, chap.IV, V, et dans la décision d'utiliser "un repère" dans la situation de communication, chap.VII).

Nous pensons que de telles questions méritent d'être approfondies, d'autant plus qu'elles sont liées à des questions d'actualité plus générales, concernant les modalités possibles d'exploitation des ordinateurs (déjà présents dans toutes les écoles) dans l'enseignement, particulièrement celui des mathématiques.



## Références bibliographiques

- Audibert G., Keita B., 1987, La perspective cavalière et la représentation de l'espace. in *Didactique et Acquisition des Connaissances Scientifiques, Actes du Colloque de Sèvres* , pp. 109-125. Grenoble : La Pensée Sauvage
- Balacheff N., 1984, Processus de preuve et situations de validation, *Actes de la III<sup>e</sup> école d'été de didactique* , pp. 109-120. Grenoble : IMAG
- Balacheff N., 1988, *Une étude des processus de preuve en mathématique chez les élèves de Collège* . Thèse d'Etat, Université Joseph Fourier, Grenoble
- Balacheff N., Comiti C., Laborde C., Cornu B., 1985, *Four views of ICME-5. For the Learning of Mathematics* 5,1, pp.29-31
- Barthet M.F., 1983, Conception d'une interface Homme-machine. *Ergonomie de la condition du travail* . pp.18-29
- Bautier T., 1987, Etude didactique de l'introduction à l'apprentissage de la perspective conique. in *Le dessin technique* . paris : Hermès
- Bautier T., Bourdarel J., Colmez F., Parzys B., 1987, Représentation plane de figures de l'espace. in *Didactique et Acquisition des Connaissances Scientifiques, Actes du Colloque de Sèvres* , pp. 127-147. Grenoble : La Pensée Sauvage
- Berdonneau C., 1985, La construction de schèmes conceptuels chez des enfants de 5 à 12 ans. *Enfance* , n° 2,3, pp.183-190
- Bessot A., Dolle J.M., Eberhard M., Osta I., Polo M., 1988, *Maîtrise des rapports avec l'espace physique : repérage dans l'espace et projection orthogonale* . Rapport de recherche, compte-rendu d'une recherche financée par le Ministère de la Recherche et de la Technologie

- Bessot A., Eberhard M., 1982, Représentations d'assemblages de cubes au C.M., *Grand N*, n° 26, IREM de Grenoble
- Bessot A., Eberhard M., 1983, Représentations d'assemblages de cubes au Cycle Moyen et en cinquième, *Petit x*, n°2, pp. 51-75 et n°3, pp. 5-39
- Bessot A., Eberhard M., 1986, Adaptation de la perspective à une situation complexe, *European Journal of Psychology of Education*, vol.I, n°2, pp. 83-96
- Bessot A., Eberhard M., 1987, Représentations graphiques et théorisation de l'espace des polycubes. Un processus didactique. in *Didactique et Acquisition des Connaissances Scientifiques, Actes du Colloque de Sèvres*, pp.87-108. Grenoble : La Pensée Sauvage
- Bisseret A., Enard C., 1970, Le problème de la structuration de l'apprentissage d'un travail complexe. *Bulletin de Psychologie*, XXIII, n° 11-12, pp. 632-648
- Bisseret A., 1971, Mémoire opérationnelle et structure du travail, *Bulletin de Psychologie*, XXIV, n°5-6, pp.280-294
- Bisseret A., 1983, L'ergonomie des interactions Homme-ordinateur; essor d'une psychologie ergonomique pour l'informatique. *Le Travail Humain*, 46, 2, pp.195-198
- Bisseret A., 1986, Psychologie pour la conception ergonomique de l'assistance informatique. In *Les nouveaux outils du spécialiste de l'information*. Savoie : Les Arcs. Apparu aussi comme *Rapport de recherche INRIA*
- Bkouche R., Soufflet M., 1983, Axiomatisme, formalisme et théorie, *Bulletin Inter-IREM*, n°23, pp. 3-24
- Boule F., 1979, *Espace et géométrie pour des enfants de 3 à 11 ans*. Paris : Cedic
- Brousseau G., 1983, Les obstacles épistémologiques et les problèmes en mathématiques. *Recherches en Didactique des Mathématiques* vol.4, n°2, pp.165-198

- Brousseau G., 1984a, Etudes de questions d'enseignement. Un exemple la géométrie. *Séminaire de didactique des mathématiques et de l'informatique n°45*. Université de Grenoble 1
- Brousseau G., 1984b, Le rôle du maître et l'institutionnalisation, *Actes de la III<sup>e</sup> école d'été de didactique*, Orléans
- Brousseau 1986a, Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques. *Recherches en Didactique des Mathématiques* vol.7, n°2, pp.33-115
- Brousseau G., 1986b, *Théorisation des phénomènes d'enseignement des mathématiques*. Thèse d'état, Université de Bordeaux 1
- Brun J., 1981, La représentation symbolique d'opérations additives en situation d'interaction et de communication. *Actes de la V<sup>e</sup> rencontre du groupe Psychology of Mathematics Education*, Grenoble : Ed. IMAG
- Bruner J.S., 1966, *Toward a theory of instruction*; Harvard University Press
- Caron-Pargue J., 1979, *Etude sur la représentation du cube chez les enfants de 11 à 13 ans*. Thèse de 3<sup>e</sup> cycle, Université Paris V
- Caron-Pargue J., 1981, Quelques aspects de la manipulation matérielle et de la manipulation symbolique, *Recherches en Didactique des Mathématiques*. vol.2, n°1, pp.5-35
- Chevallard Y., 1985, *Pour introduire à l'ingénierie didactique à composante informatique*. Rapport sur l'université d'été n°20, Luminy. IREM d'Aix-Marseille
- Chevallard Y., 1985, *La transposition didactique; du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble : La pensée sauvage
- Courty D., 1987, Calculs imagés et théorèmes en figure sous les homomorphismes de  $\mathbb{R}^3$  dans  $\mathbb{R}^2$ . in *Le Dessin Technique : apprentissage, utilisations, évolution*, pp. 93-100. Paris : Hermès
- Deforge Y., 1981, *Le graphisme technique, son histoire et son enseignement*. Paris : PUF

- Dolle J.M., 1984, Comment procèdent les élèves en situation d'apprentissage du dessin technique pour lire et écrire en projection plane ?. *Rapport d'activité du Laboratoire de Psychologie Génétique de l'Université Lyon II*. Ronéoté
- Dolle J.M., 1985, Analyse de quelques procédures cognitives d'élèves de L.E.P. en situation de lecture-écriture du dessin technique. *Bulletin de psychologie*, tome XXXVIII, n° 369, pp.335-345
- Douady R., 1984, *Jeux de cadres et dialectique outil-objet dans l'enseignement des mathématiques*. Thèse d'état, Université de Paris VII
- Douady R., 1986, Jeux de cadres et dialectique outil-objet. *Recherches en Didactique des Mathématiques*. vol.7, n°2, pp.5-31
- Eason K.D., 1980, Dialogue design implications of task allocation between man and computer. *Ergonomics*, 23, 9, pp.881-891
- Eco U., 1970 : Sémiologie des messages visuels . in *L'analyse de l'image, n° spécial Communications*, 15, pp. 11-51
- Finke R., 1986, Imagerie mentale et système visuel. *Pour la Science*, n°103, pp.86-93
- Flocon A., Taton R., 1963, *La perspective*. Paris : PUF
- Gaulin C., 1985, The need of emphasizing various graphical representations of 3-dimensional shapes and relations. *Actes de la IX° rencontre du groupe Psychology of Mathematics Education*, Utrecht : Edited by Leen Streefland. pp. 53-71
- Grenier D., 1988, *Construction et étude du fonctionnement d'un processus d'enseignement sur la symétrie orthogonale en sixième*. Thèse de l'Université Joseph Fourier, Grenoble 1
- Hoc J.M., 1977, Role of mental representation in learning a programming language. *International Journal of Man-Machine Studies* 9,1, pp.87-105
- Hoc J.M., 1981, Etude expérimentale de la notion de compatibilité entre un dispositif de commande et la structure d'un processus psychologique. *Rapport ERA CNRS 236*. Laboratoire de Psychologie du Travail de l'Ecole pratique des Hautes Etudes



- Hollnagel E., 1983, What we do not know about Man-Machine Systems ? . *International Journal of Man-Machine Studies* 18, pp.135-143
- Kuntzmann J.,1969, Classification des formes de définition, in *Premier Séminaire Galion International, Le langage mathématique* , Paris : O.C.D.L., pp : 21-24
- Laborde C., 1982, *Langue naturelle et écriture symbolique* . Thèse d'état, Université de GrenobleI
- Laborde C., 1985, Quelques problèmes d'enseignement de la géométrie dans la scolarité obligatoire. *For the Learning of Mathematics*, 5, 3. pp. 27-34. FLM Publishing Association, Montréal, Québec, Canada
- Laborde C., Guillerault M., 1984, *Learning to formulate in mathematics : imitation or creation ?* . in *Language and mathematics; interactions between their development* . Workdocument N.V.C.D. Ed. F.Lowenthal : University of Mons
- Leplat J., 1985, Les représentations fonctionnelles dans le travail. *Psychologie Française* . 30, 3/4, pp. 269-275
- Lesh R., Landau M., 1983, *Acquisition of mathematics concepts and processes* . Academic Press
- Luquet, 1972, *Le dessin enfantin* . Delachaux et Niestlé
- Mendelsohn P., 1986, Activation de schèmes de programmation et mémorisation de figures géométriques. *European Journal of Psychology of Education* I, 2, pp.127-138
- Metz C., 1970, Au-delà de l'analogie, l'image. in *L'analyse de l'image, n° spécial Communications* , 15, pp. 1-10
- Montmollin M., 1986, *L'intelligence de la tâche; Eléments d'ergonomie cognitive* . Berne : P. Lang
- Morange D., 1986, Les fonctions du langage dans la résolution de problèmes additifs. 2d. *Conférence Européenne de Psychologie du Développement* . Rome
- Morris C., 1946, *Signs, language and behaviour* . New York : Prentice Hall

- Osta I., 1987a, Analyse d'une séquence didactique. Représentations graphiques à l'aide de l'ordinateur comme médiateur dans l'apprentissage de notions de géométrie de l'espace. in *Didactique et Acquisition des Connaissances Scientifiques, Actes du Colloque de Sèvres*, pp.165-184. Grenoble : La Pensée Sauvage
- Osta I., 1987b, L'outil informatique et l'enseignement de la géométrie de l'espace. in *Le Dessin Technique : apprentissage, utilisations, évolution*, pp. 325-333. Paris : Hermès
- Osta I., 1987c, L'outil informatique et l'enseignement de la géométrie de l'espace, *Actes de la XI<sup>e</sup> rencontre du groupe Psychology of Mathematics Education*, Montréal. pp. 31-38
- Papert S., 1981, *Le jaillissement de l'esprit; ordinateurs et apprentissage*. Paris : Flammarion
- Papert S., 1985, Computer criticism vs. technocentric thinking. *LOGO 85*, pp. 53-67
- Patterson M., 1984, Graphics : an essential addition to the human-computer dialogue. *Rapport Hewlett Packard, USA*
- Piaget J., 1961, *Les mécanismes perceptifs, modèle probabiliste, analyse génétique, relations avec l'intelligence*. Paris : PUF
- Piaget J., 1974, *La prise de conscience*. Paris : PUF
- Piaget J., Inhelder B., 1974, *La représentation de l'espace chez l'enfant*. Paris : PUF
- Piaget J., Garcia R., 1983, *Psychogenèse et histoire des sciences*. Paris: Flammarion
- Pinaud C., 1983, Présentation du bulletin de l'IDATE. in *Interaction et dialogue Homme-machine; l'imaginaire, les contraintes. n° spécial du Bulletin de l'IDATE 11*, pp: 33-40
- Polo M., 1987, *Etude préliminaire à la construction d'une situation didactique : système de référence et géométrie dans l'espace*. Mémoire de DEA, Université de Grenoble 1
- Rabardel P., Weill-Fassin A., 1984, Présentation de l'ouvrage collectif : *L'apprentissage de la géométrie du dessin technique; des constats d'échecs et des moyens de réussite*, pp.7-12. Paris : INRP
- Richard J.F., 1983, Logique du fonctionnement et logique de l'utilisation. *Rapport de recherche INRIA 202*

- Rogalski J., 1985, Alphabétisation informatique, problèmes conceptuels et didactiques. *Bulletin de l'APMEP* 347. pp: 61, 73
- Samurçay R., Rouchier A., 1985, De "faire" à "faire faire" : planification d'actions dans la situation de programmation. *Enfance* , n° 2,3, pp.241-254
- Sanchez L.P., 1980, *La représentation graphique de l'espace chez l'enfant et chez l'adulte peu scolarisé* . Thèse de 3° cycle, Université Paris VII
- Schackel B., 1980, Dialogues and languages; can computer ergonomics help ?, *Ergonomics* , vol.23, n°9, pp. 857-880
- Stewart T.F.M., 1976, Displays and the software interface. *Applied Ergonomics* , 7, 3, pp. 137-146
- Thom R., 1974, Mathématiques modernes et mathématiques de toujours. In *Pourquoi la mathématique?* Collection 10-18. Paris: Union Générale d'Édition
- Vergnaud G., 1981, Quelques orientations théoriques et méthodologiques des recherches françaises en didactique des mathématiques. *Recherches en Didactique des Mathématiques* , vol.2, n°2, pp. 215-232
- Vurpillot E., 1963, *L'organisation perceptive; son rôle dans l'évolution des illusions optico-géométriques* . Paris : J.Vrin
- Weill-Fassina A., Rabardel P., 1985, Le dessin technique : un instrument graphique de pensée et de communication professionnelle; points de repère, *Le Travail Humain* , Tome 48, n°4, pp.301-305
- Zougari G., Weill-Fassina A., Vermersch P., 1984, Performances et compétences d'élèves de L.E.P. dans des épreuves de lecture de forme. in *L'apprentissage de la géométrie du dessin technique; des constats d'échecs et des moyens de réussite* , pp.207-286. Paris : INRP



# ANNEXE

## Plan de l'annexe

### PREMIERE PARTIE Séquence des situations-problèmes

<b>Situation de simulation : deux modalités</b>	<b>1</b>
Consigne 1	1
Consigne 2	1
Assemblages proposés aux trois binômes représentatifs	2
Première phase	2
Deuxième phase	5
<b>Situation "Arêtes cachées" : deux modalités</b>	<b>7</b>
Première modalité : en deux phases	7
Fiche de réalisation	8
Fiche de correction	9
Dessin proposé aux élèves de CPPN	10
Dessin proposé aux élèves de 3°.86	11
Dessin proposé aux élèves de 3°.87	13
Deuxième modalité : en phase collective	15
<b>Initiation et familiarisation avec Mac Space</b>	<b>16</b>
Consigne	16
Fiche d'initiation	17
<b>Situation "Pavé"</b>	<b>18</b>
<b>Situation "Assemblages"</b>	<b>18</b>
<b>Situation "Escaliers"</b>	<b>19</b>
Consigne 1 (Première modalité)	19
Consigne 2 (Deuxième modalité)	19
<b>Situation de communication</b>	<b>20</b>
Consignes	20
Maquettes proposées aux élèves	21
Fiche "Description"	22
Fiche "Réalisation"	23

## **DEUXIEME PARTIE**

### **Productions des élèves (avec Mac Space)**

<b>Activité "Icônes"</b>	<b>24</b>
<b>Activité "Semi-guidée"</b>	<b>33</b>
<b>Activité "Pavé à mesures imposées"</b>	<b>39</b>
(David,Rachel)	39
(Eric,Serge)	41
(Olivier,Stéphane)	43
<b>Activité "Assemblage 1"</b>	<b>48</b>
(David,Rachel)	48
(Eric,Richard)	50
(Olivier,Stéphane)	53
<b>Activité "Assemblage 2"</b>	<b>59</b>
(David,Rachel)	59
(Eric,Richard)	67
(Olivier,Stéphane)	76
<b>Activité "Escaliers 1"</b>	<b>82</b>
(David,Rachel)	82
(Eric,Serge)	87
(Olivier,Stéphane)	92
<b>Activité "Escaliers 2"</b>	<b>100</b>
(David,Rachel)	100
(Eric,Richard)	107
(Olivier,Stéphane)	114
<b>Activité "Communication"</b>	<b>124</b>
Maquettes proposées et maquettes réalisées	124
Messages produits par les élèves	
(David,Rachel)	125
(Eric,Richard)	126
(Olivier,Stéphane)	127
Maquettes proposées et maquettes réalisées	128
Fiches de réalisation	
(David,Rachel)	129
(Eric,Richard)	131
(Olivier,Stéphane)	133

# PREMIERE PARTIE

## Séquence des situations-problèmes

### Situation de simulation : deux modalités

#### Consigne 1 :

En se servant de Mac Paint, et en utilisant la représentation d'un cube, donnée dans l'album, dessiner l'assemblage de cubes accrochables donné

*Chaque binôme dispose :*

- \* d'une disquette Mac Paint,*
- \* d'un assemblage de cubes accrochables, placé sur la table dans une position fixée (la face est identifiée),*
- \* de la représentation d'un cube non peint dans l'album*

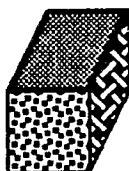


#### Consigne 2 :

En se servant de Mac Paint, et en utilisant la représentation d'un cube, donnée dans l'album, dessiner l'assemblage de cubes accrochables donné

*Chaque binôme dispose :*

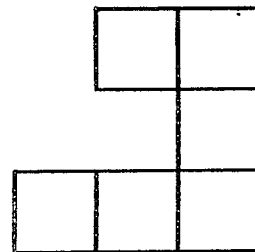
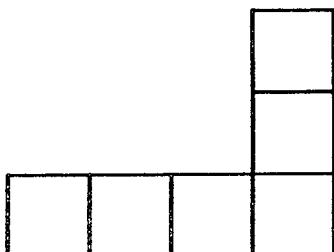
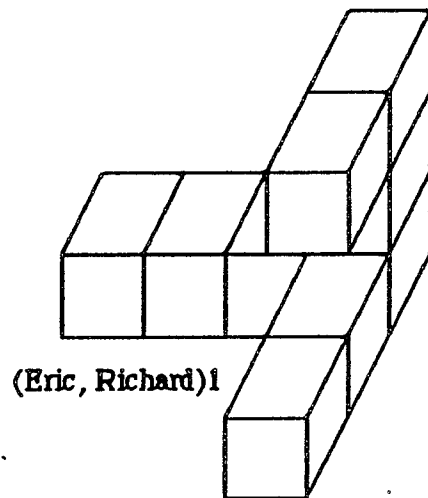
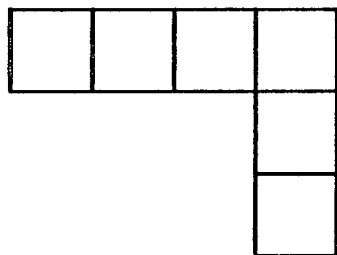
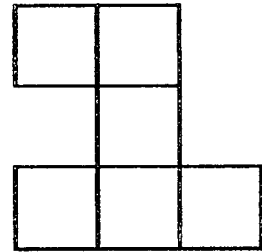
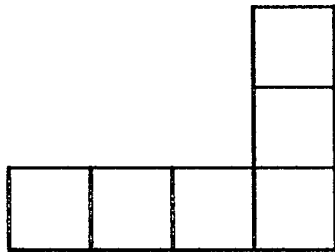
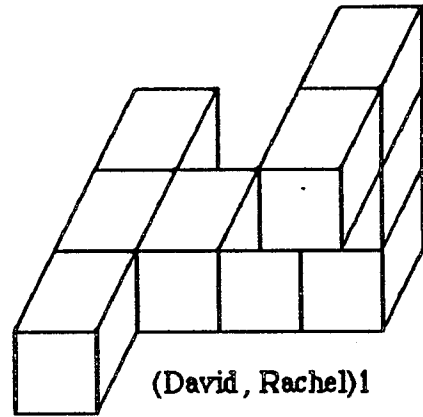
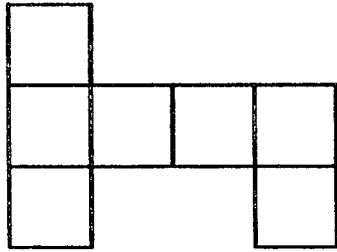
- \* d'une disquette Mac Paint,*
- \* d'un assemblage de cubes accrochables, placé sur la table dans une position fixée (la face est identifiée),*
- \* de la représentation d'un cube peint (les surfaces représentant ses faces sont remplies de motifs Mac Paint) dans l'album*



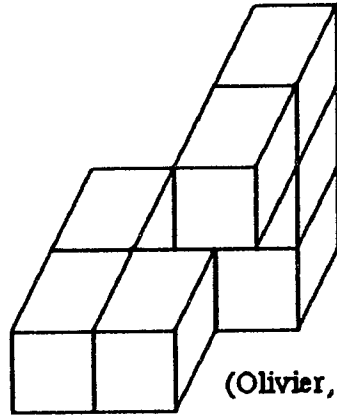
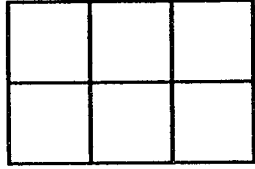
## Assemblages proposés aux trois binômes représentatifs

### Première phase

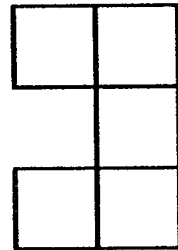
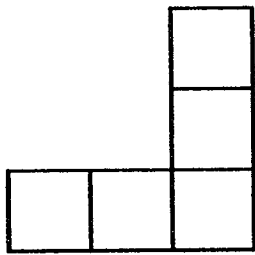
#### Première étape



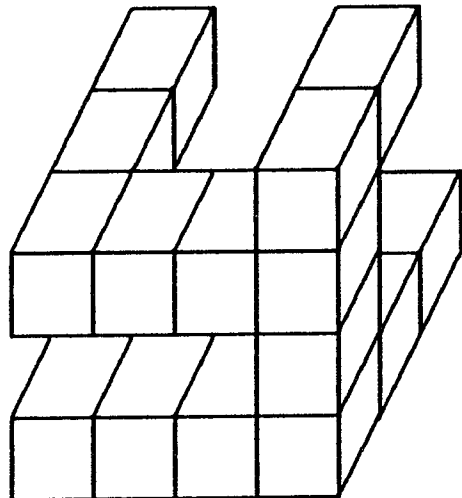
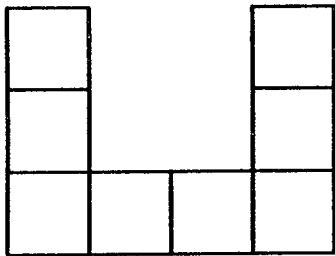




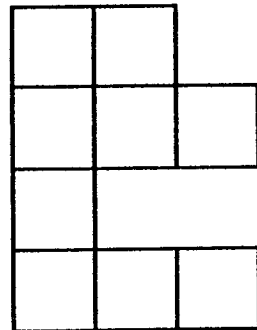
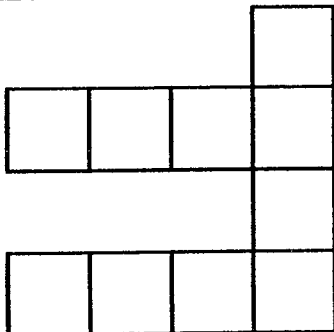
(Olivier, Stéphane)1

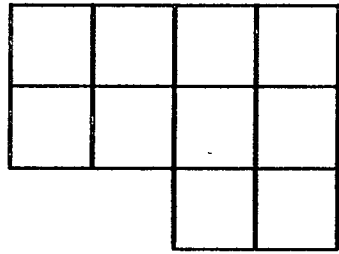


Deuxième étape

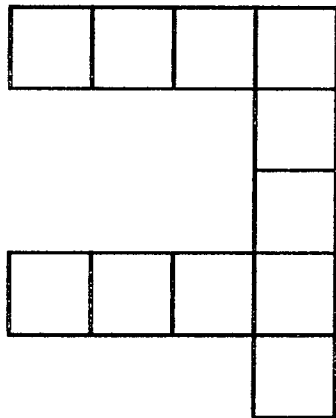
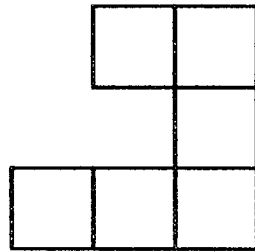
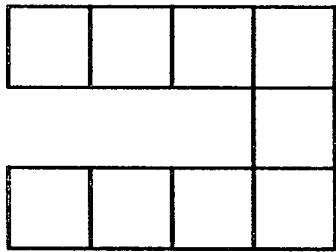
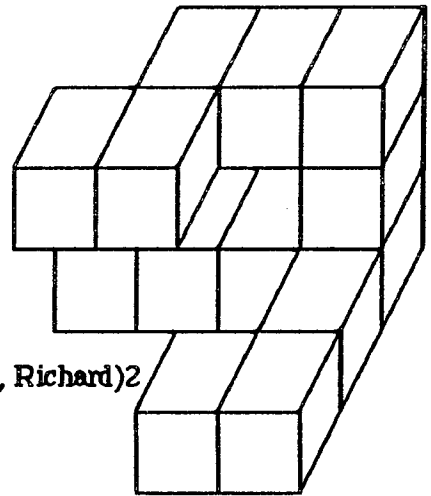


(David, Rachel)2

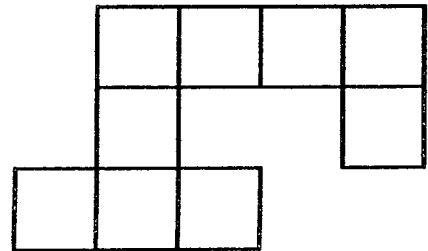
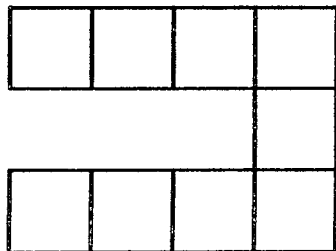
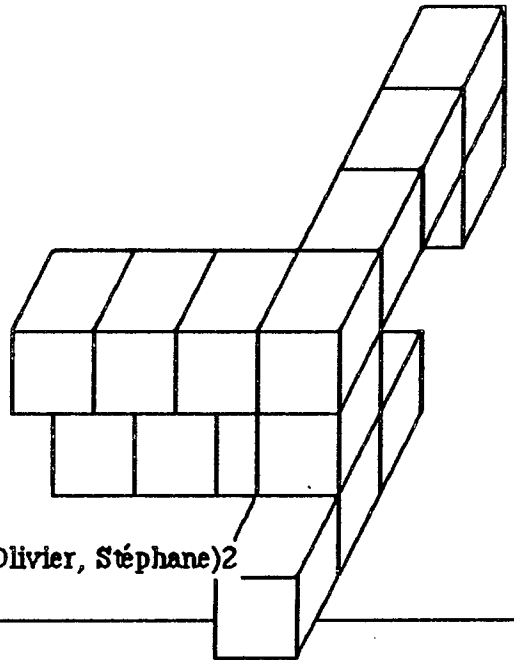


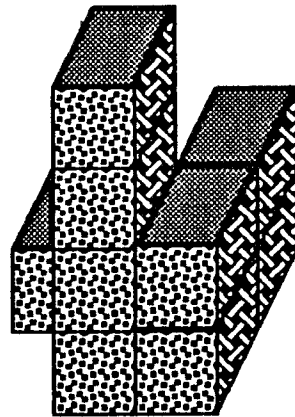
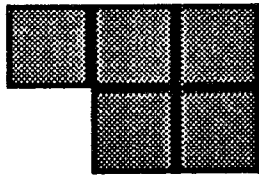
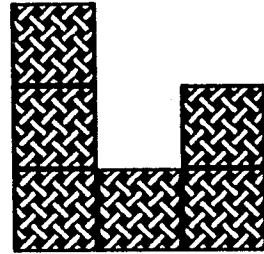
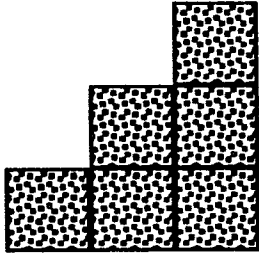
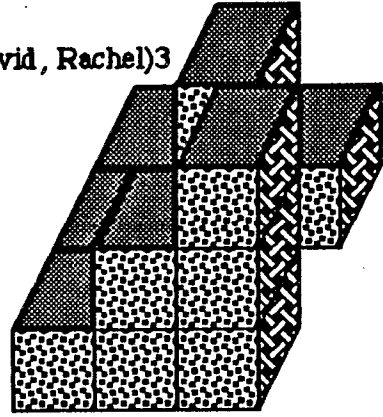
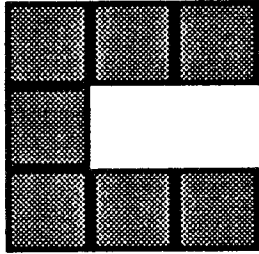
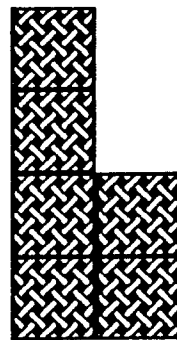
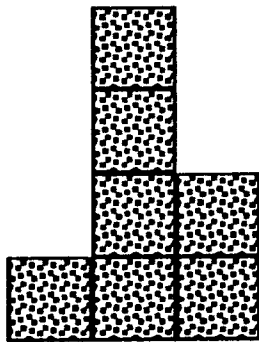


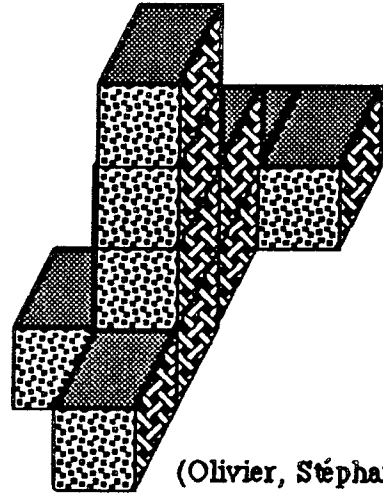
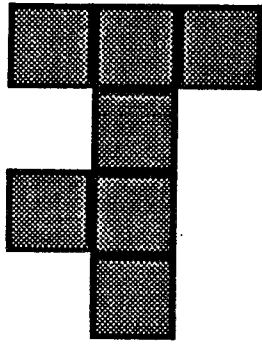
(Eric, Richard)2



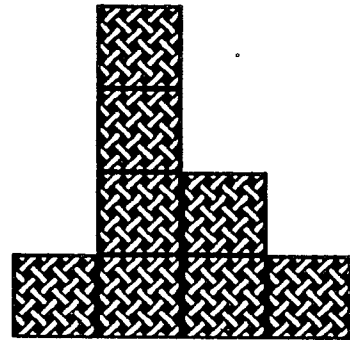
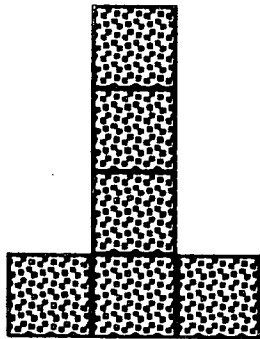
(Olivier, Stéphane)2



**Deuxième phase****(David, Rachel)3****(Eric, Richard)3**



(Olivier, Stéphane)3



## Situation "Arêtes cachées" : deux modalités

### Première modalité, en deux phases :

#### Consigne 1 :

A partir d'un dessin représentant un assemblage de  $n$  cubes transparents, trouver le plus grand nombre possible d'assemblages de  $n$  cubes opaques.

Une fois la représentation d'un assemblage de cubes opaques terminée, peindre sa surface en remplissant les faces parallèles avec le même motif.

Chaque binôme dispose :

- \* d'une disquette Mac Paint,
- \* d'un fichier nommé "départ" enregistré sur cette disquette, contenant le dessin initial, (assemblage de cubes transparents),
- \* du dessin initial imprimé sur papier,
- \* d'une fiche de réalisation, qu'il faut remplir pour déterminer le score réalisé,
- \* de  $n$  cubes en bois

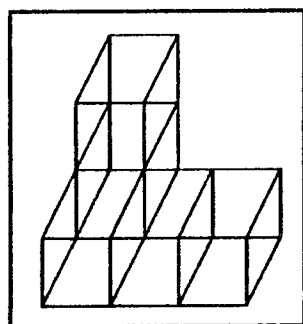
#### Consigne 2 (après échange des disquettes entre les binômes et détermination des noms des fichiers contenant des dessins finaux) :

Enumérer et expliquer les fautes qui existent dans les dessins produits par un autre binôme

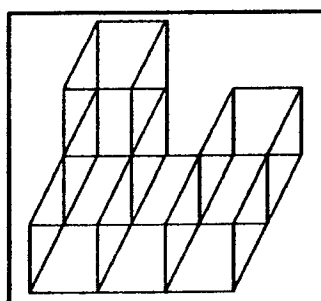
Chaque binôme dispose :

- \* de la disquette contenant les fichiers de dessins produits par un autre binôme,
- \* de la liste des noms des fichiers considérés par l'autre binôme comme finaux,
- \* du dessin initial imprimé sur papier,
- \* d'une fiche de correction à remplir pour déterminer les nouveaux scores.

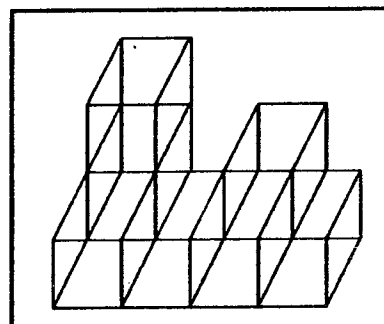
Pour les élèves de CPPN (resp. 3°.86, 3°.87),  $n$  vaut 5 (resp. 6, 7)... on leur signale qu'il existe 4 (resp. 8, 8) représentations d'assemblages de cubes possibles;



$n=5$  (CPPN.86)



$n=6$  (3°.86)



$n=7$  (3°.87)

**Fiche de réalisation****Prénoms :**FichierScore

nom du fichier :

note :

nom du fichier :

note :

nom du fichier :

note :

nom du fichier :

note :

nom du fichier :

note :

nom du fichier :

note :

nom du fichier :

note :

nom du fichier :

note :

---

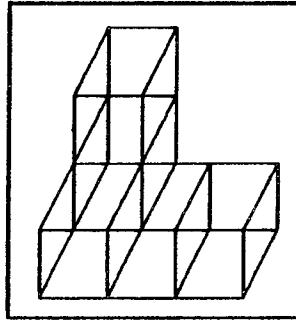
**Score total :** \_\_\_\_\_

**Fiche de correction****Prénoms des correcteurs :**

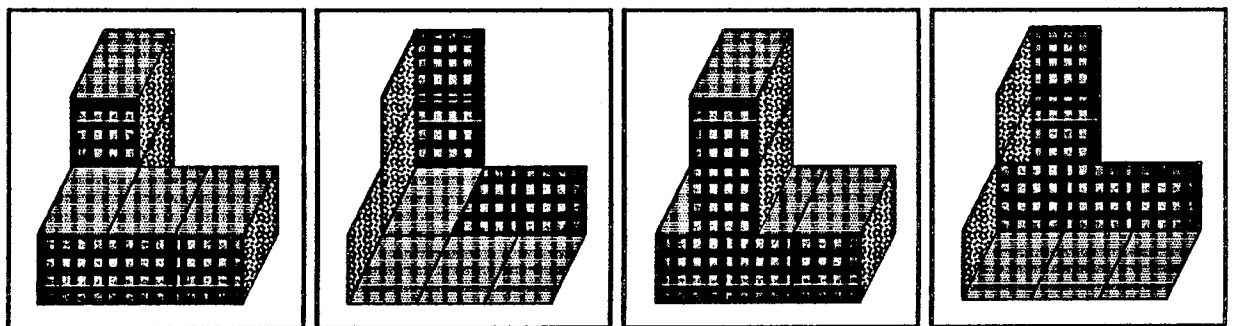
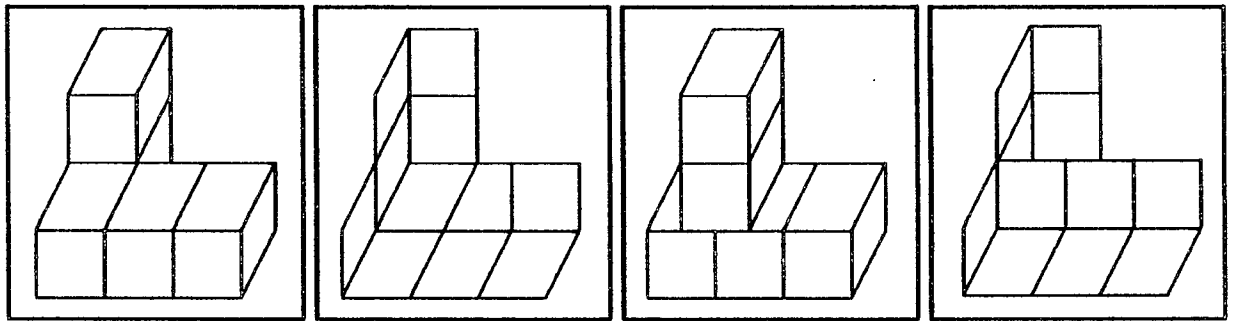
	<u>nom du fichier</u>	<u>nombre de fautes</u>	<u>raison</u>
<b>1</b>			
<b>2</b>			
<b>3</b>			
<b>4</b>			
<b>5</b>			
<b>6</b>			
<b>7</b>			
<b>8</b>			

**notes à ajouter au score des correcteurs :****notes à soustraire du score des réalisateurs :**

Dessin proposé aux élèves de CPPN (réduit à 50 pour 100) :

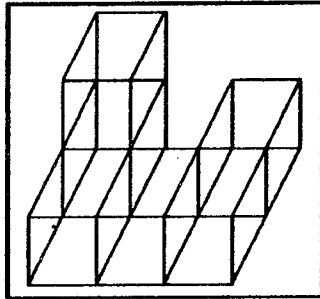


quatre représentations d'assemblages de cubes opaques sont possibles :

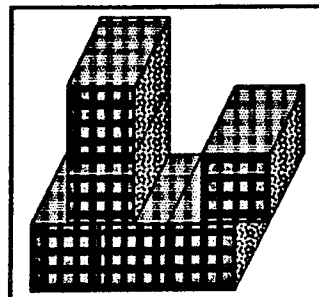
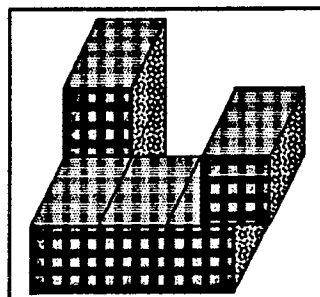
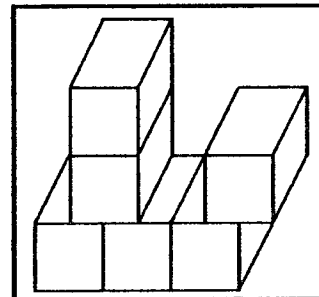
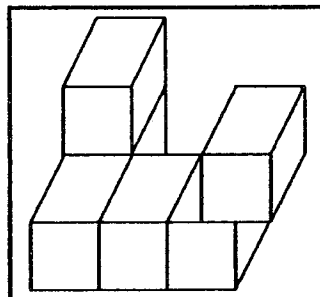
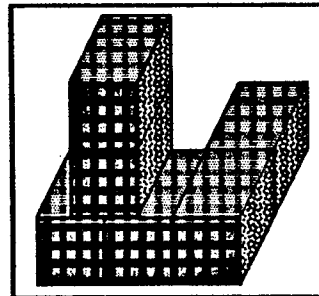
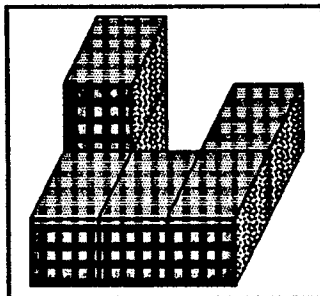
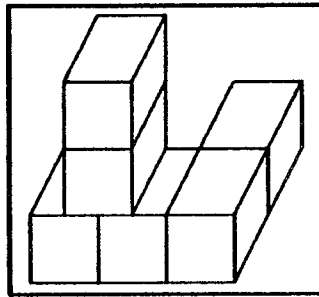
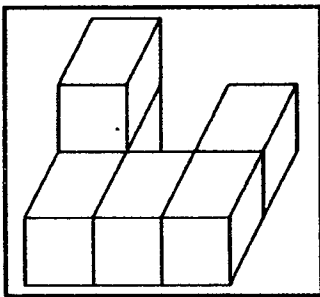


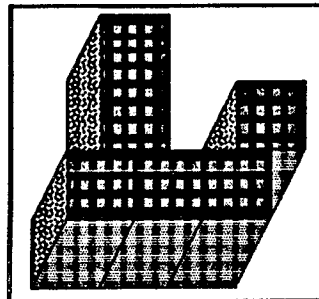
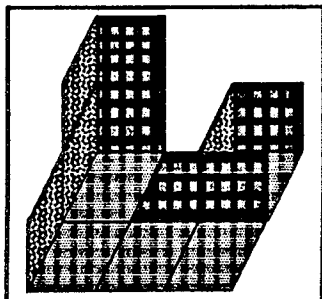
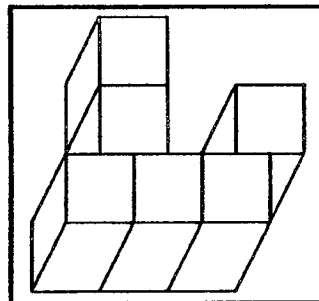
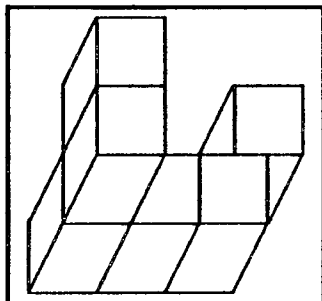
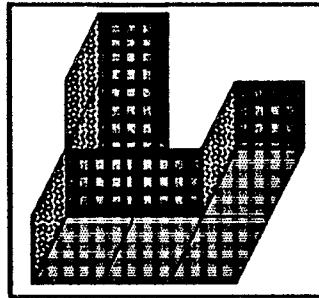
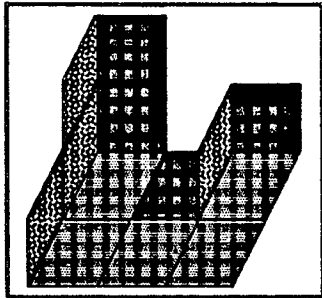
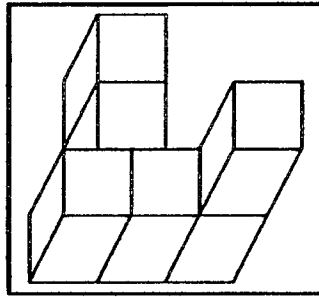
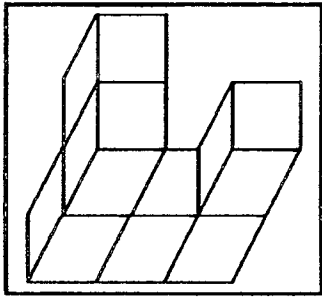
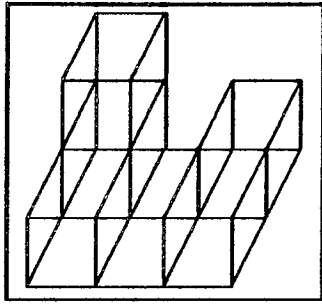


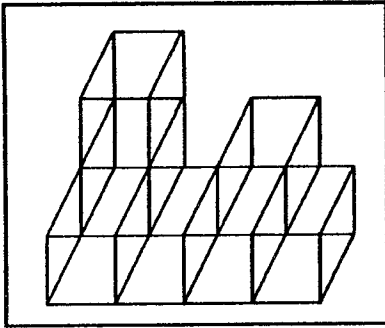
Dessin proposé aux élèves de 3<sup>e</sup>.86 (réduit à 50 pour 100) :



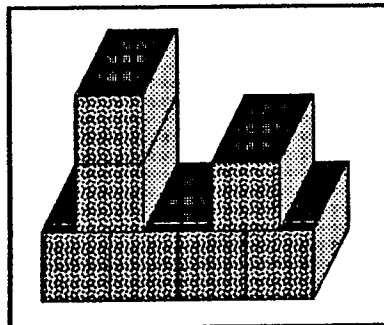
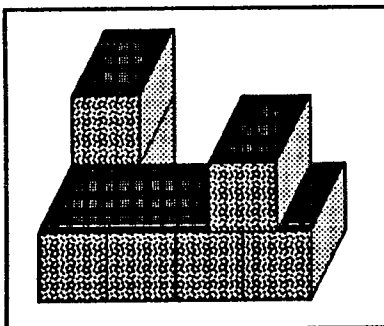
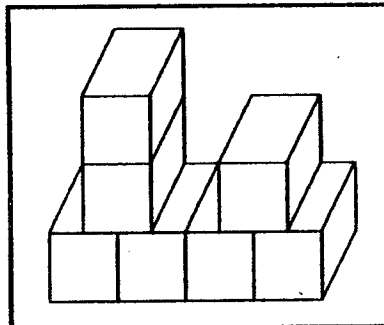
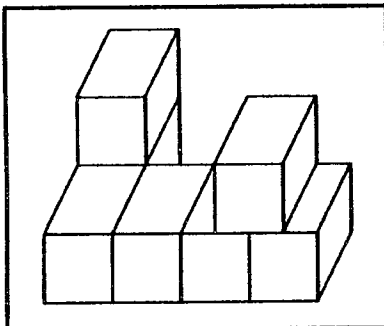
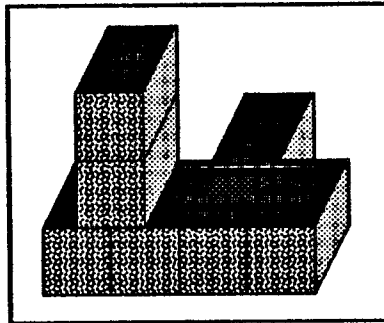
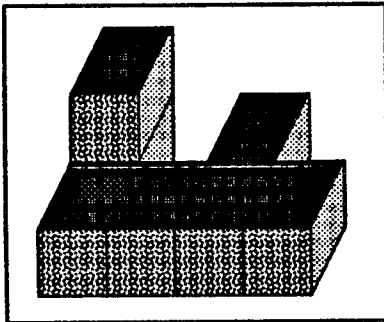
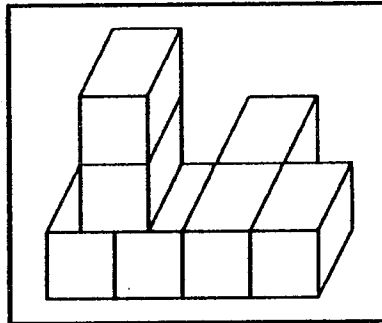
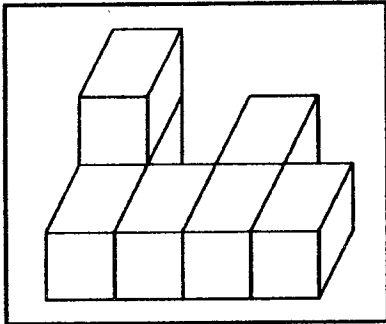
huit représentations d'assemblages de cubes opaques sont possibles :

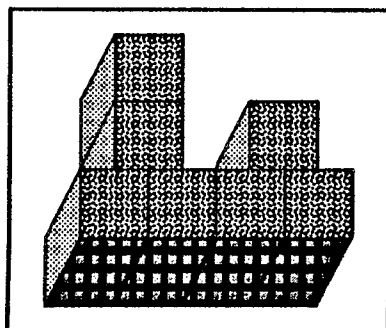
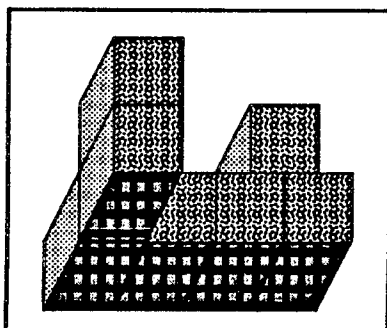
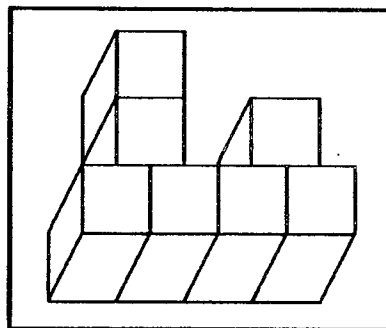
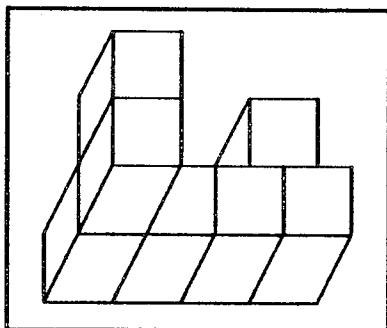
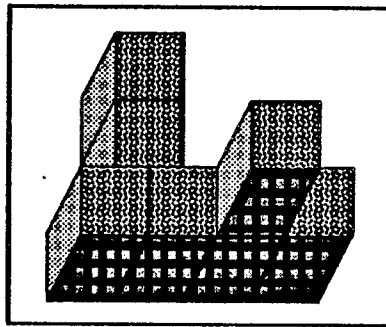
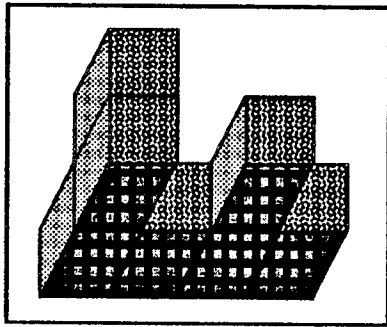
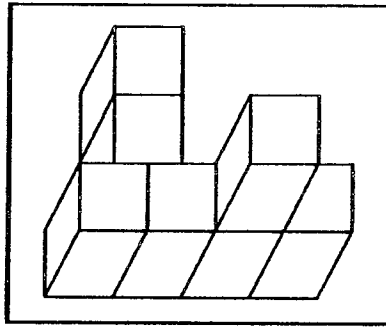
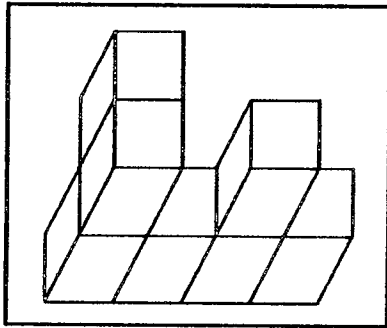
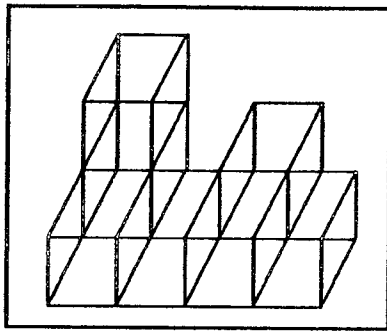






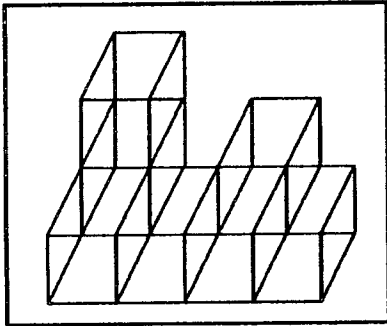
**Dessin proposé aux élèves de 3<sup>e</sup>.87  
(réduit à 50 pour 100) :**  
**huit représentations d'assemblages de  
cubes opaques sont possibles :**



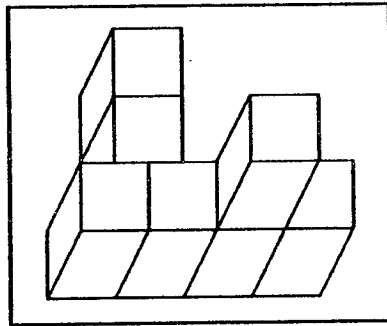
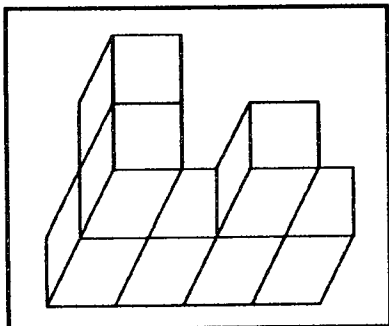
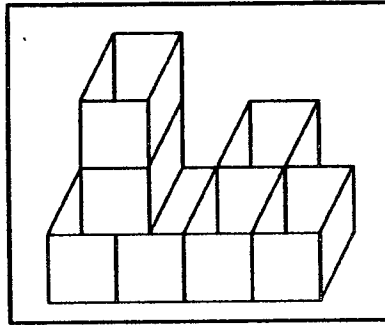
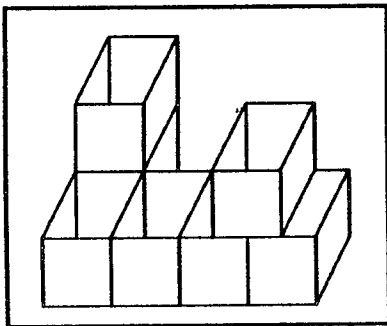
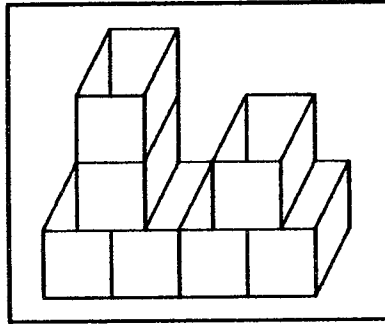
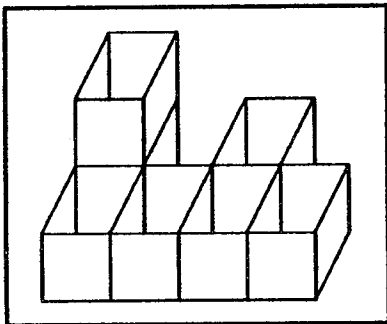


**Consigne 2 : (en phase collective)**

A partir d'un dessin représentant un assemblage de  $n$  cubes transparents, trouver le plus grand nombre possible d'assemblages de  $n$  boîtes cubiques sans couvercle.



**Exemples de représentations possibles d'assemblages de 7 boîtes cubiques sans couvercle :**



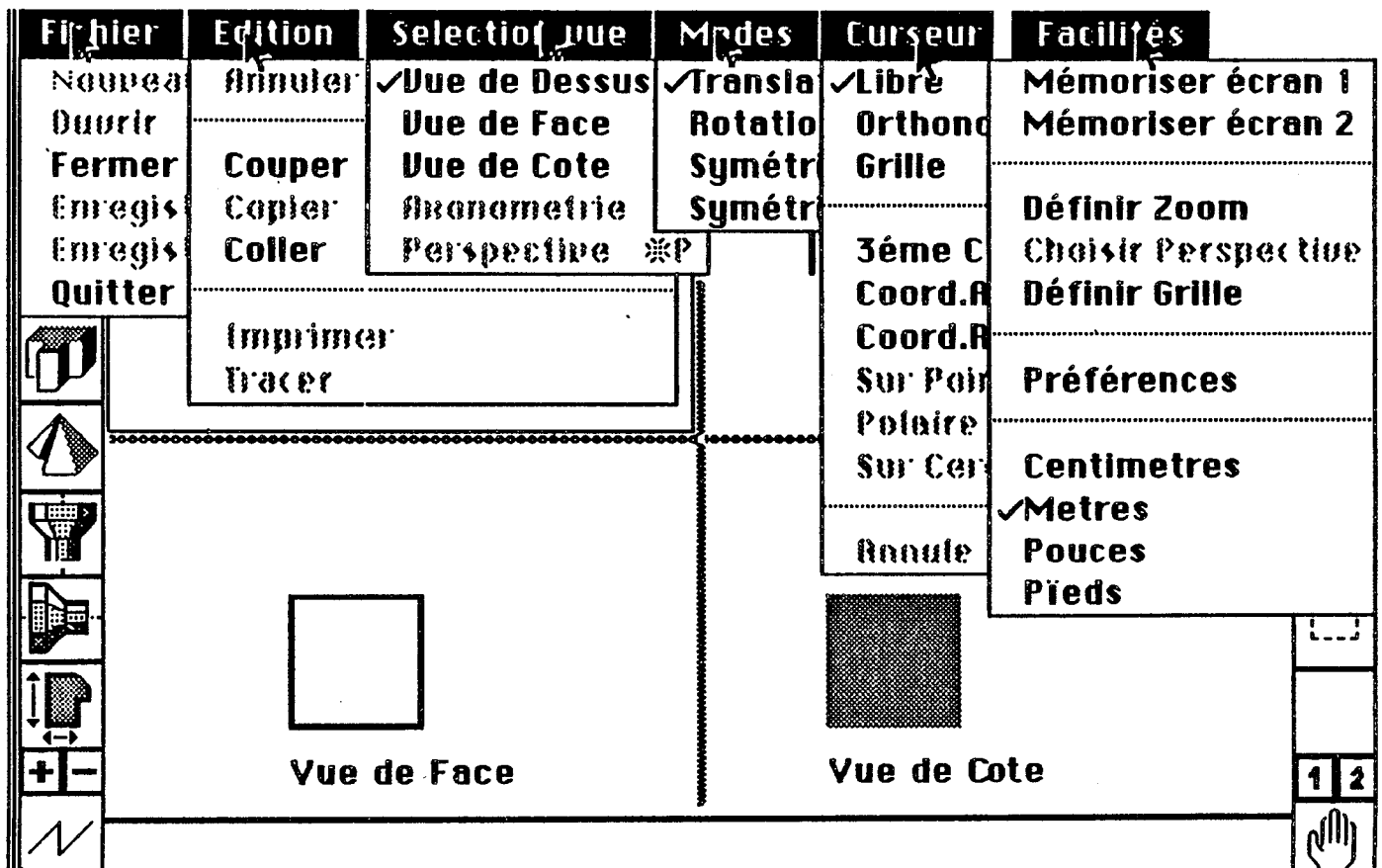
## Initiation et familiarisation à Mac Space

Consigne :

Réaliser ce qui est demandé dans la fiche d'initiation.

Chaque binôme dispose :

- \* d'une disquette Mac Space,
- \* de la fiche à remplir et d'un stylo non-effaçable
- \* d'une page-écran de Mac Space, imprimée sur papier,
- \* d'une page-écran de Mac Space, menus déroulés, imprimée sur papier.



## Fiche d'initiation

### A- activité "Icônes" :

Peux-tu deviner la fonction de quelques-unes des icônes que tu vois dans la page standard de Mac Space ? Pour chacune de ces icônes, donne son numéro et explique : à quoi sert-elle ? comment peut-on s'en servir ?

### B- activité semi-guidée :

1- Sélectionne l'icône "Rectangle" (icône n°1); utilise-la sur la vue de dessus sélectionnée. Raconte e qui s'est passé et ce que tu as remarqué

2- Sélectionne l'icône "Cotation" (icône n°8). Réalise ce que demande l'ordinateur; note, sur cette feuille, les résultats que tu as obtenus.

(en un deuxième temps) As-tu compris la fonction de cette icône ?

Explique : à quoi sert-elle ? comment peut-on s'en servir ?

3- Sélectionne l'icône "Prisme" (icône n°4). Réalise ce que demande l'ordinateur, donne la hauteur. Explique ce qui s'est passé.

4- Calcule les dimensions de toutes les formes que tu as dans les différentes fenêtres et note-les ci-après.

## Situation "Pavé"

### Consigne :

En se servant de Mac Space, construire un pavé droit, ayant les caractéristiques suivantes :

Dimensions de la base : 15 et 13

Hauteur : 20

*Chaque binôme dispose :*

*\* d'une disquette Mac Space,*

*\* d'une page-écran de Mac Space, menus déroulés, imprimée sur papier.*

## Situation "Assemblages"

### Consigne :

En se servant de Mac Space, construire un empilement de cubes donné;

Dimension de l'arête : 10

*Chaque binôme dispose :*

*\* d'une disquette Mac Space,*

*\* d'une page-écran de Mac Space, menus déroulés, imprimée sur papier,*

*\* d'un empilement de cubes non-accrochables, placé sur la table dans une position fixée.*



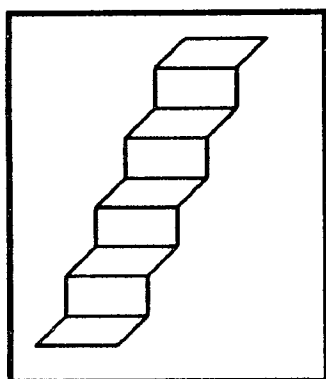
## Situation "Escaliers" : deux modalités

### Consigne 1 (Première modalité) :

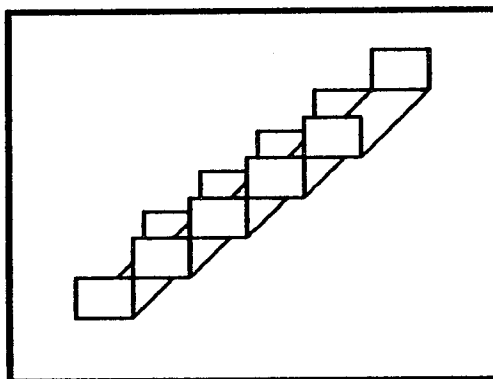
En se servant de Mac Space, construire un escalier de 5 marches, qu'on peut voir de face, ayant les caractéristiques suivantes :

Dimensions de la marche : 10 et 7

Hauteur de la contre-marche : 5



Première modalité



Deuxième modalité

### Consigne 2 (Deuxième modalité) :

En se servant de Mac Space, construire un escalier de 5 marches, qu'on peut voir de côté, ayant les caractéristiques suivantes :

Dimensions de la marche : 10 et 7

Hauteur de la contre-marche : 5

En un deuxième temps, construire une bordure à chaque côté de l'escalier.

Au tableau, pour les deux modalités :

- \* sont écrites les caractéristiques numériques de l'escalier,
- \* est dessiné un croquis représentant un escalier, selon la position correspondante, en perspective cavalière.

Pour chacune des deux modalités, chaque binôme dispose:

- \* d'une disquette Mac Space,
- \* d'une page-écran de Mac Space, menus déroulés, imprimée sur papier.

## Situation de communication : en trois phases

### Consigne (Phase 1) :

Ecrire un message, le plus court possible, pour décrire une maquette donnée, de façon qu'un autre binôme puisse la reconstruire d'après ce message. Les dessins sont interdits.

*Chaque binôme dispose :*

- \* d'une maquette en carton, composée de plaques rectangulaires,
- \* d'un stylo, d'une règle graduée, d'une équerre,
- \* d'une fiche "Description".

### Consigne (Phase 2, après retrait des maquettes et échange des messages)

Construire la maquette décrite par le message donné. Quelles informations manquent au message ? Critiques.

*Chaque binôme dispose :*

- \* de la fiche "Description" contenant le message d'un autre binôme, amputée des prénoms des codeurs,
- \* d'un stylo, d'une règle graduée, d'une équerre, de ciseaux, de ruban adhésif
- \* de deux planches de carton blanc,
- \* d'une fiche "Réalisation"

### Consigne (Phase 3)

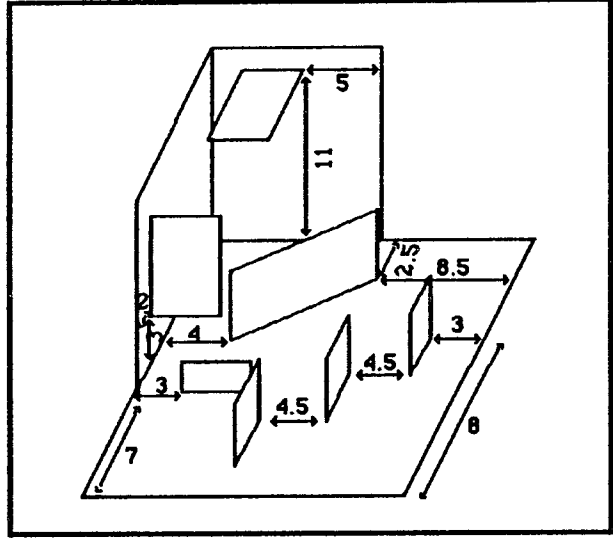
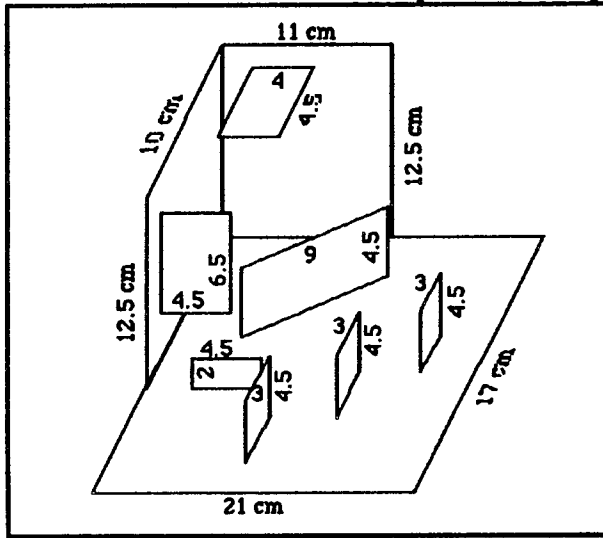
Comparer la maquette reconstruite à la maquette initiale décrite par le message décodé.

- \* quelles sont les informations qui manquent au message ?
- \* autres critiques ?
- \* Comment auriez-vous décrit cette maquette ?

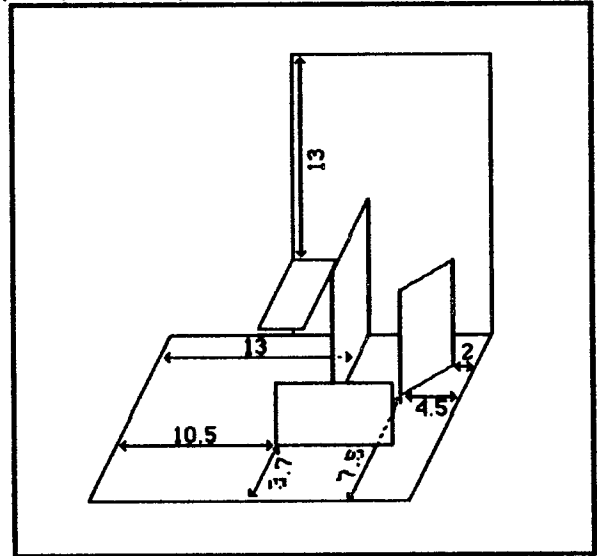
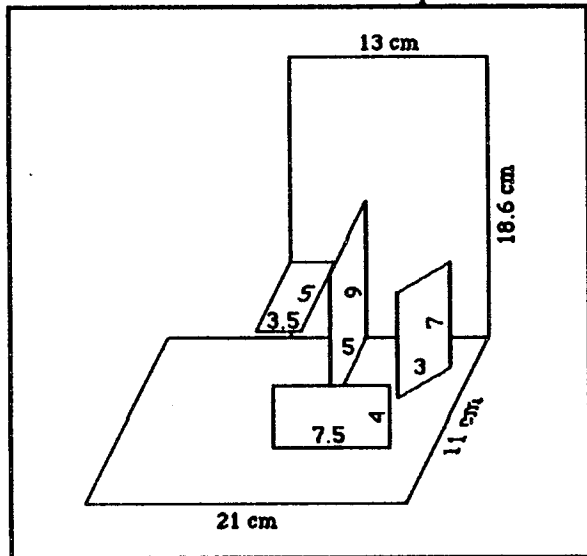
*Chaque binôme dispose :*

- \* du message qu'il a décodé,
- \* de la maquette qu'il a reconstruite d'après ce message,
- \* de la maquette initiale décrite par ce message,
- \* d'un stylo, d'une règle graduée, d'une équerre,
- \* de la fiche "Réalisation" à compléter.

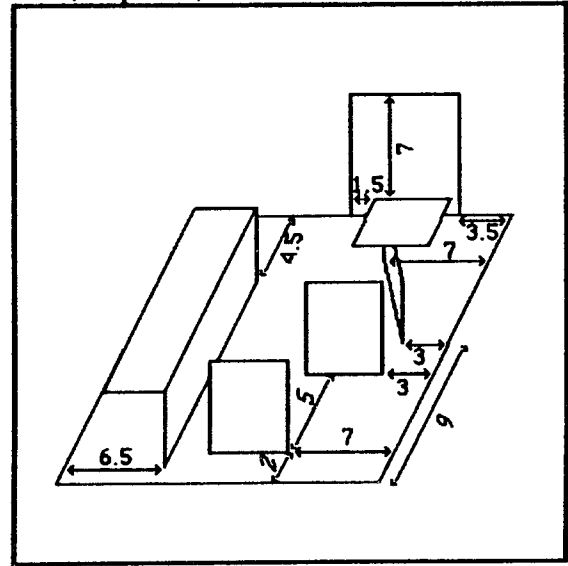
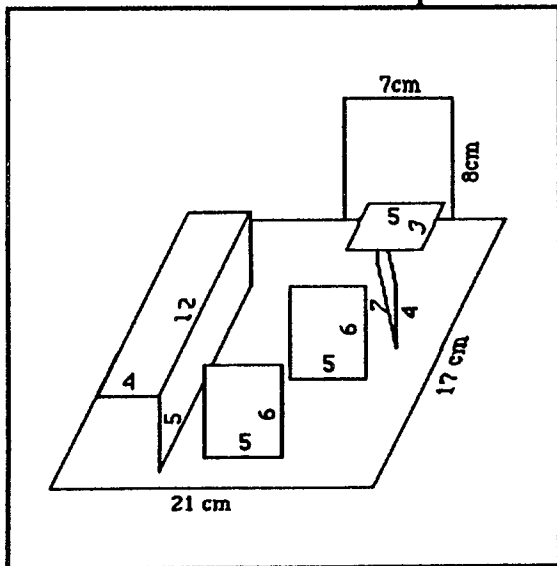
Maquette décrite par (David, Rachel)



Maquette décrite par (Eric, Richard)



Maquette décrite par (Olivier, Stéphane)



## Fiche "Description"

**Prénoms des codeurs :**

Essai 1

=====

Essai 2

=====

Description définitive

## **Fiche "Réalisation"**

**Prénoms des réalisateurs**

Informations qui manquent au message :

Autres critiques

(Après réception de la maquette initiale)

Critiques après comparaison

Propositions pour une autre description

## DEUXIEME PARTIE Productions des élèves

(avec Mac Space)

### Activité "Icônes"



**CPPN**

S.Z. Dessine des carrés et des rectangle de diferentes dimensions

M.F. sert à voire si le rectangle est d'équerre

N.T. -----

B. : -----

**3°-86**

F.P. -----

O.S. il sert à dessiner un rectangle

D. -----

B.D. -----

**3°-87**

D.R. sert à faire un rectangle en donnant les deux points extrêmes

E.R. Pour savoir les diagonales **DIAGONALES**

O.S. Pour faire un rectangle en plaçant deux point ses extrémités

J.S. pour faire un rectangle



**CPPN**

S.Z. ça dessine des droite

M.F. -----

N.T. pour faire apparètre l'icone

B. -----

**3°-86**

F.P. faire une forme

O.S. -----

D. -----

B.D. sert a dessiner l'icône sur le cadre

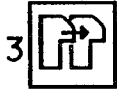
**3°-87**

D.R. -----

E.R. dessiner un objet **DESSIN**

O.S. Pour dessiner une figure géométrique

J.S. -----



**3°-86**

- S.Z. ça fait des doubles droite  
 M.F. -----  
 N.T. pour faire en double le dessin  
 B. ça refait le même dessin

**3°-86**

- F.P. dedoubleur de figure  
 O.S. il sert à reproduire un dessin  
 D. -----  
 B.D. sert a reproduire cet icône

**3°-87**

- D.R. Dedouble la figure latéralement  
 E.R. déplacement l'objet **DEPLACEMENT**  
 O.S. Pour faire déplacer une figure géométrique  
 J.S. -----



**4°-86**

- S.Z. ça ressemble à un Axonometrie  
 M.F. -----  
 N.T. C'est pour faire les icones  
 B. -----

**3°-86**

- F.P. pour (fa) voir (une vue de coté) en même temps la vue de devant vue de coté  
 vue de dessus  
 O.S. -----  
 D. -----  
 B.D. -----

**3°-87**

- D.R. dans un objet ayant des faces à angles droits, sert à trouver les  
 différentes vues  
 E.R. colorier les faces de dessus et de côté **COLORIER**  
 O.S. Pour faire une figure en perspective  
 J.S. pour voir le dessin complet



5  
CPPN

S.Z. ça doit dessiner des triangles ou des pyramides

M.F. sert à construire des pyramide

N.T. C'est pour faire les icones

B. -----

3°-86

F.P. separer un figure en deux

O.S. -----

D. -----

B.D. -----

3°-87

D.R. dans un objet ayant des faces obliques, sert à trouver les différentes vues

E.R. colorier les faces      COLORIER

O.S. Pour faire des cônes

J.S. pour faire un dessin rectangulaire (icône) pyramide



6  
CPPN

S.Z. ça ressemble a un entonnoir poser debout. ou plutot à une torche électrique

M.F. -----

N.T. C'est pour faire les icones

B. -----

3°-86

F.P. -----

O.S. -----

D. -----

B.D. -----

3°-87

D.R. sert à faire tourner une figure ayant un axe de symétrie vertical autour de celui-ci

E.R. axe de symétrie verticale      SYMETRIE

O.S. pour faire tourner un objet

J.S. verticale





7  
CPPN

S.Z. ça ressemble a un entonnoir poser sur le coté

M.F. -----

N.T. C'est pour faire les icones

B. -----

3°-86

F.P. -----

O.S. -----

D. -----

B.D. -----

3°-87

D.R. sert à faire tourner une figure ayant un axe de symétrie horizontal autour de celui-ci

E.R. axe de symétrie horizontale SYMETRIE

O.S. Pour tourner autour de l'objet

J.S. horizontal



8  
CPPN

S.Z. c'est pour desiner des (fig) droites de diferente dimension

M.F. -----

N.T. -----

B. -----

3°-86

F.P. pour coter un dessin

O.S. il sert à inscrire les côtes

D. -----

B.D. sert a agrandir la surface de l'icône

3°-87

D.R. -----

E.R. Pour avoir les cotes (les mesures) COTES

O.S. Pour changer les dimensions des côtés

J.S. Pour dessiner les dimensions des côtés



**CPPN**

**S.Z.** c'est pour raccourcir le dessin pour le - et le + pour les rallonger

**M.F.** sert à épaissir et à raptisser les (tr) lignes

**N.T.** -----

**B.** -----

**3°-86**

**F.P.** -----

**O.S.** -----

**D.** -----

**B.D.** -----

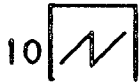
**3°-87**

**D.R.** Pour définir la place d'un objet dans l'écran

**E.R.** rapport (entre) avec le (14) (15) 16

**O.S.** Il s'utilise avec le 8

**J.S.** plus et moins



**CPPN**

**S.Z.** c'est pour faire des droites qui ne se détache pas

**M.F.** -----

**N.T.** -----

**B.** -----

**3°-86**

**F.P.** -----

**O.S.** -----

**D.** une lettre N = sert à faire des traits

**B.D.** -----

**3°-87**

**D.R.** -----

**E.R.** -----

**O.S.** Pour tracer des droites

**J.S.** angle



(à propos de la case vide)

**O.S. (3°-87) :** Pour vider une des pages ((vue de face, de cote....))

**CPPN**

S.Z. pour supprimer les droites

M.F. -----

N.T. c'est pour déplace l'icone qui est en double

B. -----

**3°-86**

F.P. effacer forme

O.S. -----

D. -----

B.D. sert a annuler le dessin

**3°-87**

D.R. sert à trouver le milieu de la figure

E.R. rayer, effacer une figure **EFFACE**

O.S. Eliminer une figure complète

J.S. Pour effacer

**CPPN**

S.Z. c'est pour doubler les droites

M.F. sert à agrandire (l') un angle

N.T. on peut faire les 3 vues = vue de face dessus coté

B. ça aide à boucher des trous

**3°-86**

F.P. déplacer une figure pour la replacer allieur

O.S. -----

D. -----

B.D. sert a déplacer l'icône

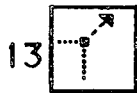
**3°-87**

D.R. Déplace la figure

E.R. déplacement d'objet, il sert à le déplacer sans garder la copie

O.S. Déplacer une figure et l'effacer

J.S. -----



**CPPN**

S.Z. c'est pour agrandire le dessin en suivant la flèche

M.F. sert à agrandire deux angle

N.T. règle

B. -----

**3°-86**

F.P. -----

O.S. -----

D. -----

B.D. -----

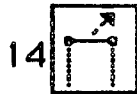
**3°-87**

D.R. Déplacer un point en diagonale

E.R. dessiner une fuyante d'un angle

O.S. changer les coordonnée du point d'un rectangle

J.S. pour dessiner les arêtes d'un cube



**CPPN**

S.Z. même chose que la figure 12

M.F. -----

N.T. -----

B. -----

**3°-86**

F.P. -----

O.S. -----

D. -----

B.D. -----

**3°-87**

D.R. déplacé une ligne en diagonale

E.R. deplaces une droite

O.S. Pour déplacer un côté du rectangle

J.S. pour dessiner la perspective

**CPPN**

- S.Z. même chose que la figure 12  
 M.F. sert à entourée le dessin pour le faire bouger  
 N.T. on peut déplacer le dessin  
 B. -----

**3°-86**

- F.P. éloigné un bord de figure  
 O.S. -----  
 D. -----  
 B.D. sert a changer l'icône de cadre

**3°-87**

- D.R. sert à déplacer en diagonale une figure fermée  
 E.R. dessiner les fuyantes des angles de l'objet  
 O.S. Pour déplacer une figure  
 J.S. -----

**CPPN**

- S.Z. même chose que la figure 12  
 M.F. -----  
 N.T. -----  
 B. -----

**3°-86**

- F.P. -----  
 O.S. il sert à couper un dessin pour le reproduire ailleurs  
 D. un rectangle discontinu = sert à grandir  
 B.D. -----

**3°-87**

- D.R. sert à déplacer un groupe défini à l'avance en diagonale  
 E.R. effacer la figure  
 O.S. ?  
 J.S: -----

17 

CPPN

S.Z. pour reproduire le dessin (ou) 1 ou 2 fois

M.F. la main sert à faire bouger un dessin

N.T. -----

B. main: ça déplace l'image

3°-86

F.P. -----

O.S. -----

D. -----

B.D. -----

3°-87

D.R. agrandir ou garder à la même dimension

E.R. rapport avec le 9

O.S. ???

J.S. -----

18 

CPPN

S.Z. c'est pour pousser le (d) la feuille

M.F. -----

N.T. -----

B. -----

3°-86

F.P. -----

O.S. il sert à déplacer un objet ou un dessin

D. la main = elle sert à déplacé le dessin

B.D. sert a déplacer la feuille

3°-87

D.R. sert à déplacer la page

E.R. déplacer la figure dans la fenêtre

O.S. Pour déplacer la page

J.S. Pour déplacer la figure sur l'écran

## Activité "Semi-guidée"

1- Sélectionne l'icône "rectangle" (icône n°1); utilise-la sur la vue de dessus sélectionnée.  
Raconte ce qui s'est passé et ce que tu as remarqué

**CPPN**

**S.Z.**

*" nous avons dessiner un carré*

*En même temps l'ordinateur nous a donné 3 autres vues sur les trois autres casses. la vue de face :  
une droite.... la vue de cote : une droite*

*la perspective axonometrie : un parallélogramme "*

**(M.F.)**

*"On n'a choisi icône Rectangle j'ai choisi la Vue de dessus est j'ai appuiler sur le bouton est apprait j'ai  
Rappuiler sur le bouton pour obtenir un dessin "*

**(N.T.)**

*" C'est pour faire la vue de dessus + l'axonométrie "*

**(B.)**

*" J'ai dessiné un rectangle sur la vue De Dessus, et ça m'a Donné "*

**3°-86**

**(F.P.)**

*" lorsque on ecrit une forme dans la fenetre de 'vue de dessus' la figure se reproduit dans les autres  
fenetres sous une autre forme "*

**(S.O.)**

*" Pendant qu'on dessinait un rectangle dans la vue de Dessus. sa vue de face, sa vue de côté et  
l'axonométrie de cette vue se sont reproduite dans les autres rectangle "*

**(D.K.)**

*" J'ai remarqué quand dessinant le rectangle, un parallélogramme est apparut dans le rectangle  
axonométrie. Vue de face représente un grand trait, vue de côté représente un petit trait "*

**(B.D.)**

*"- Dans chaque fenêtre, se forme un dessin.*

*-Les chiffres dans la fenêtre du bas changent au fur et à mesure que l'on agrandit et raccourcit le  
carré "*

**3°-87****(David, Rachel)***"Je donne deux points et l'ordinateur me trace le rectangle.**Parallèlement, il construit les 3 autres vues "***(Eric, Richard)***"chiffres d'en bas correspondent aux cotes du dessin, à l'échelle.... chiffres deviennent positif ou négatif selon le rectangle.... le rectangle clignote**il apparaît sur toutes les autres fenêtres en divers mesure "***(Olivier, Stéphane)***"Il m'a suivi, il voulait plus me lâcher- un dessin s'est produit sur tous les 4 rectangles et des coordonnées ont défilées "***(Joseph, Serge)***"- ça fait un rectangle en vue de Dessus.... - en Axonométrie, ça fait la vue de dessus**- ça donne les 4 vues sur toutes les faces "*

2- Sélectionne l'icône "cotation" (icône n°8). Réalise ce que demande l'ordinateur; note, sur cette feuille, les résultats que tu as obtenus

(en un deuxième temps) as-tu compris la fonction de cette icône ? explique à quoi elle sert et comment peut-on s'en servir ?

**CPPN****(S.Z.)***"surface = 379,20..... longueur = 19,00..... largeur = 16,80..... périmètre = 71,60**il nous a donné les longueurs et largeurs du rectangle "***(M.F.)***"S=352,00.... P=86,00 .... L=32,00..... l=11,00**On à sélectionné l'icône n°8**On à cliquer sur une arête de la facette**On à taper sur sélection OK On à obtenue longueur largeur périmètre surface du rectangle"**"L'icône n°8 sert à obtenir les côtes du rectangle "***(N.T.)***"surface = 235,4 périmètre = 64,80**(dessin d'un rectangle, avec les 4 mesures dessus: L=21,40; l=11,00)"**"sa donne les côtes et la surface et le périmètre du rectangle "***(B.)***"Je clique sur l'icône n°8. J'ai cliquer sur une arête de la facette (celle du bas). J'ai cliqué sur sélection OK. ça m'a donné les mesures du rectangle, sa surface et son périmètre"**"cet icône sert à Donner les longueurs, la surface et le Périmètre "*



**3°.86****(F.P.)***"Ecris les cotations du dessin"**"oui.... sert a coté le dessin. faut faire un dessin. on sélectionne une arête puis cliqué puis cliqué sur OK..."***(S.O.)***"En appuyant sur l'arrête du rectangle, on obtient les côtes la surface, et le périmètre du rectangle"**"Oui, elle sert à mesurer des côtes.**les côtés de ce rectangle sont 8,60 et 21,00 la longueur**la surface fait 180,60 - le périmètre = 59.20 "***(D.K.)***"Vue de dessus : 00- 20,40 - 00**Vue de face = 9,60. 20,40. 9,60. 20,40**Axonométrie = rien**Vue de côté: 00 - 9,60-00 "***(B.D.)***"En tapant 'sélection OK', apparait les longueurs des côtés, le périmètre et la surface.**14,40 = longueur . 12,40 = largeur"**"Elle sert a donner la longueur, la largeur, le périmètre, la surface "***3°.87****(David, Rachel)***"cliquer sur une des facettes**chercher autre element**on appuit sur 'selection K'**l'ordinateur nous donne les cotations, la surface et le périmètre "**" "***(Eric, Richard)***"il cherche un autre élément "**" "***(Olivier, Stéphane)***"on a côté, on a sélectionné une arête, allé sur OK et les côtes sont apparus"**"Elle sert a donner les dimensions "***(Joseph, Serge)***"- cliquer sur une arete de la facette**- chercher autre element - selection OK**- Surface 115,92 Perimetre = 43,60"**"oui, pour les longueurs et largeurs et le perimetre "*

3- Sélectionne l'icône "prisme" (icône n°4). Réalise ce que demande l'ordinateur, donne la hauteur. Explique ce qui s'est passé.

### **CPPN**

**(S.Z.)**

"L'ordinateur nous donne entièrement les faces. dans de la (figure) case face avant d'avoir la figure, il y avait une droite. Et il y a avais la même chose sur les autres cases, exepter la case axonometrie car il y avait un parallélogramme "

**(M.F.)**

"H 5.000000

On a cliquer sur l'icône n°4, on est aller sur selection ok. il y a eu un tableau a une hauteur 5.000000. on est aller sur ok et cella a donner la vue axonomètrie. "

**(N.T.)**

"l'ordinateur ma donner une perspective axonomètrie et 3 rectangle (dessins de 3 rectangles) "

**(B.)**

"J'ai cliqué sur l'icône n°4. J'ai cliqué sur l'une des facettes de la vue de dessus. J'ai sélectionné: sélection OK. ça m'a Donné le prisme. et ça m'a Dessiné la vue de coté, la vue de face et l'axonometrie "

### **3°.86**

**(F.P.)**

"en selectionnant l'icône prisme j'arrive a un tableau. on me donne une hauteur je peux accorde la hauteur ou annuler et sur la vue axonometrie un rectangle en perspective apparait sur la vue de face un rectangle en longueur sur la vue de cote un rectangle court "

**(S.O.)**

"La hauteur est de 5. On a cliqué sur OK. et les quattres vue se sont dessinées. Celle de l'axonometrie c'est dessiné en perspective "

**(D.K.)**

"icône n°4 a donné un volume au rectangle - on a taper une fois dans la case du rectangle, avec la souris on a cherché le 4° icône, on a tapé dedans, il a marqué 'selection OK', apres avoir taper dedans, il nous a donné la hauteur, on lui a dit que l'on été d'accord pour le chiffre 5 qui nous proposé - la vue de dessus n'a pas changé, la vue de coté c'est transformée en rectangle, la vue axonométrique est devenue un volume, la vue de face c'est transformée en rectangle "

**(B.D.)**

"Dans la vue de face s'est formé un rectangle ainsi que dans la vue de côté.

Dans la vue axonometrie s'est formé un parallépipède rectangle "

**3°.87****(David, Rachel)**

"l'ordinateur demande : 'cliquer sur une arête de la facette' 'chercher autre élément' 'selection OK' (avec une flèche) ..... prisme..... hauteur ((5x10<sup>6</sup>)) : 5 "

**(Eric, Richard)**

" cliquer sur une arête de la facette

chercher autre élément          selection OK (avec une flèche) .... prisme. .... Hauteur 5 0000..."

**(Olivier, Stéphane)**

"On demande de cliquer sur une arête quelconque. La figure apparaît alors en pointillé. Puis on demande de chercher un autre élément ou de sélection OK. On clique OK. Sur le rectangle en haut à gauche s'affiche une hauteur. On sélectionne OK. Il donne la perspective "

(Joseph et Serge se sont absents)

4- Calcule les dimensions de toutes les formes que tu as dans les différentes fenêtres, et note-les ci-après :

**CPPN****(S.Z.)**

"vue de face : forme : rectangle

   dimensions : 16,80 Largeur    5 de hauteur

vue de côté : forme : rectangle

   dimensions : 19 de largeure    5 de hauteur

vue de dessus : forme : rectangle

   dimensions : 19 de largeure    16,80 longueur "

**(M.F.)**

"vue de face : forme : rectangle..... dimensions : longueur 28,00    largeur 5,00

vue de côté : forme : rectangle.... dimensions : longueur 9,00    largeur 5,00

vue de dessus : forme : rectangle.... dimensions : largeur 9,00    longueur 28,00 "

**(N.T.)**

"vue de face : forme : rectangle.... dimensions : 5,00    5,00    17,20    17,20

vue de côté : forme : rectangle..... dimensions : 5,00    5,00    9,40    9,40.... vue de dessus :

forme : rectangle..... dimensions : 9,40    9,40    17,20    17,20 "

**(B.)**

"vue de face : forme : rectangle.... dimensions : 5, 40

vue de côté : forme : rectangle.... dimensions : 5, 23

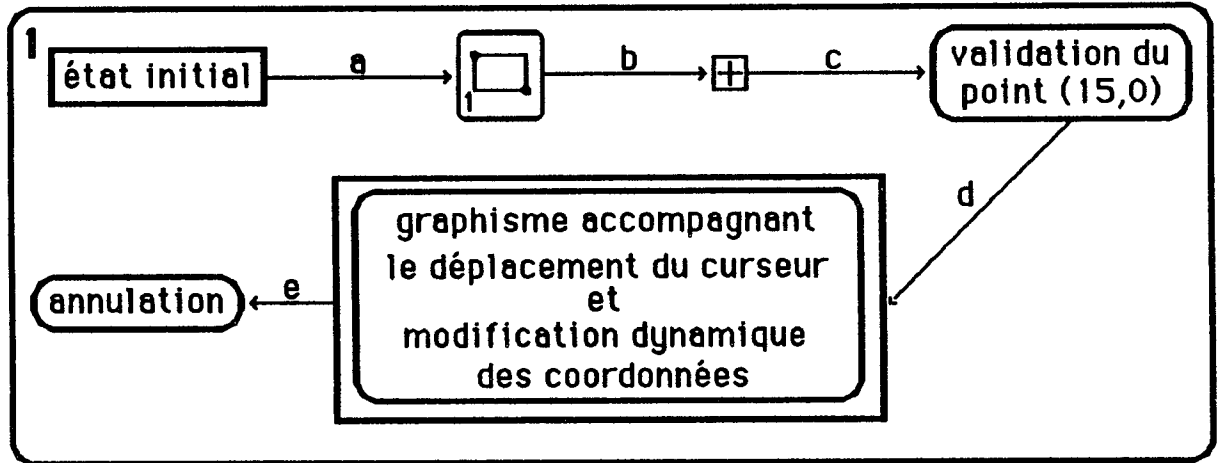
vue de dessus : forme : rectangle.... dimensions : 23, 40 "

**3°.86****(F.P.)***"vue de face : forme : rectangle long..... dimensions : longueur : 20,40 largeur : 5,00**surface : 102,00 perimetre : 50,80**vue de côté : forme : rectangle court... dimensions : longueur : 10,80 largeur : 5,00**surface : 54,00 perimetre : 31,60**vue de dessus : forme : rectangle... dimensions : longueur : 20,40 largeur : 10,80**surface : 220,32 perimetre : 65,40 "***(S.O.)***"vue de face : forme : rectangle .... dimensions : 25,60 x 5,00**surface : 128,00 perimètre : 61,20**vue de côté : forme : rectangle .... dimensions : 10,00 x 5,00**surface : 50,00 perimètre : 30,00**vue de dessus : forme : rectangle... dimensions : 25,60 x 10,00**surface : 256,00 perimètre : 71,20 "***(D.K.)***"vue de face : forme : rectangle.... dimensions : largeur 5,00 longueur 20,40**vue de côté : forme : rectangle... dimensions : largeur 5,00 longueur 9,60**vue de dessus : forme : rectangle... dimensions : largeur 9,60 longueur 20,40 "***(B.D.)***"vue de face : forme : rectangle.... dimensions : Largeur : 5.00 , longueur : 14,40.**vue de côté : forme : rectangle.... dimensions : Largeur : 5.00 , longueur : 12,40.**vue de dessus : forme : rectangle... dimensions : Largeur : 12,40 , longueur : 14,40. "***3°.87****(David, Rachel)***"vue de face : forme : rectangulaire... dimensions : 10.4 et 5**vue de côté : forme : carré.... dimensions : 5.7 et 5**vue de dessus : forme : rectangulaire... dimensions : 5.7 et 10.40 "***(Eric, Richard)***"vue de face : forme : rectangle.... dimensions : 18,40 longueur, 5.00 largeur**vue de côté : forme : rectangle... dimensions : 17,40 longueur, 5.00 largeur**vue de dessus : forme : carré... dimensions : longueur 18,40 ; largeur 17,40 "***(Olivier, Stéphane)***"vue de face : forme : rectangle.... dimensions : 14 x 5. S=70 P=38**vue de côté : forme : même rectangle... dimensions : 14 x 5. S=70. P= 38**vue de dessus : forme : carré... dimensions : 14 x 14. S= 196. P= 56 "**(Joseph et Serge se sont absents)*

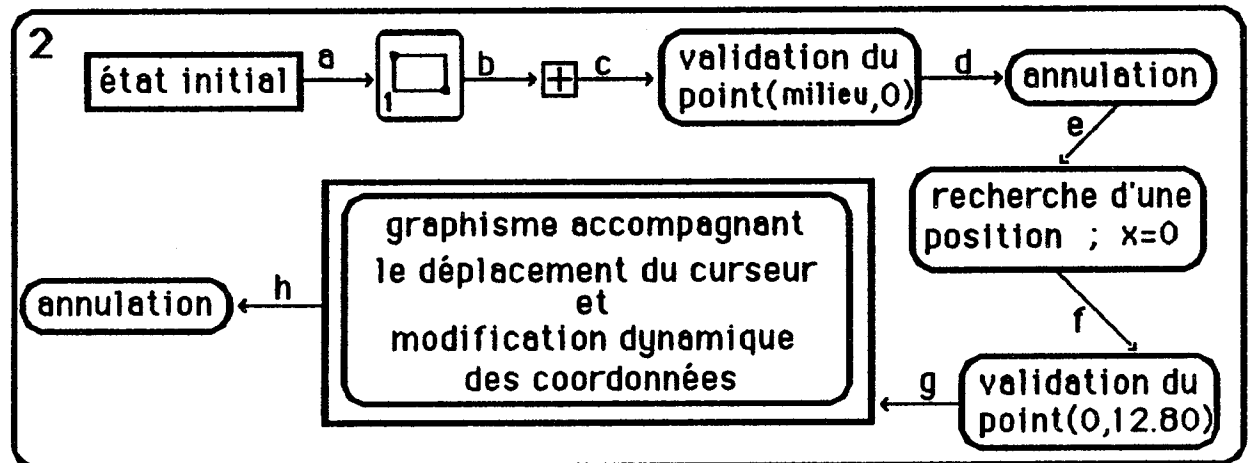
### Activité "Pavé à mesures imposées"

(David, Rachel) - Pavé - 1

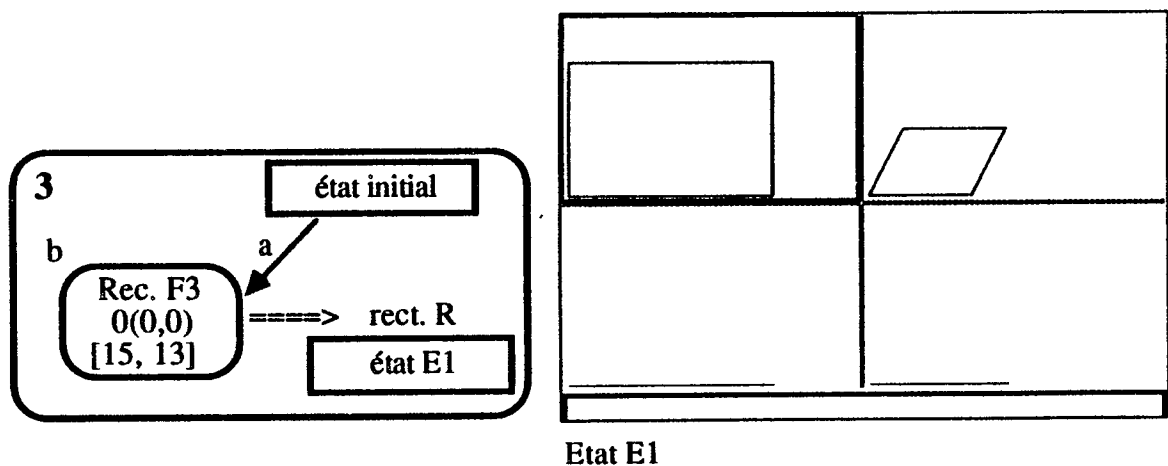
Première phase : construction d'une facette



Pour éviter de voir défiler des nombres négatifs,

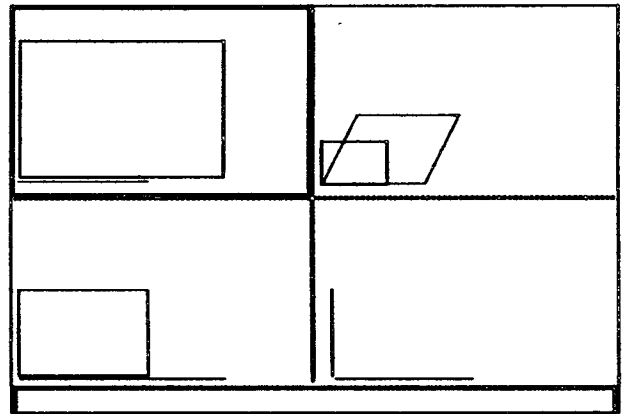
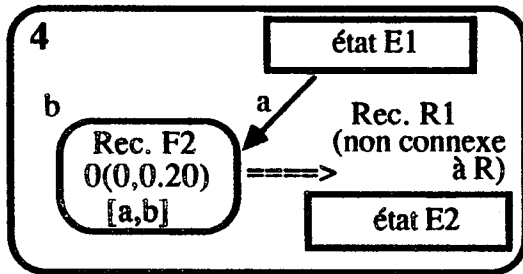


Contrainte : insuffisance de la taille de la fenêtre

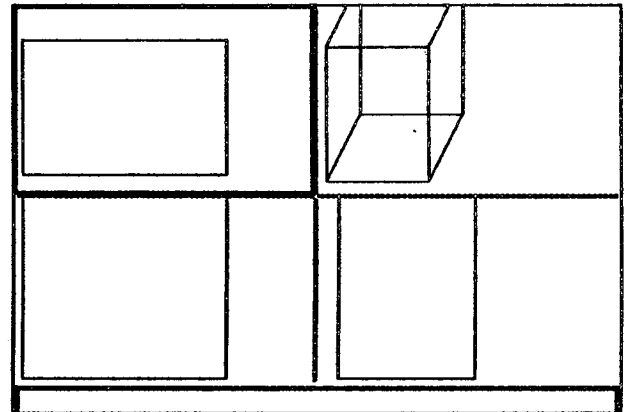
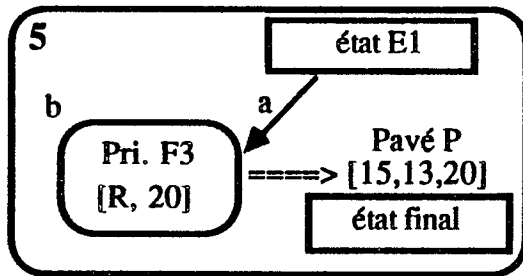


(David, Rachel) - Pavé - 2

Deuxième phase : construction du pavé à partir de la facette préconstruite



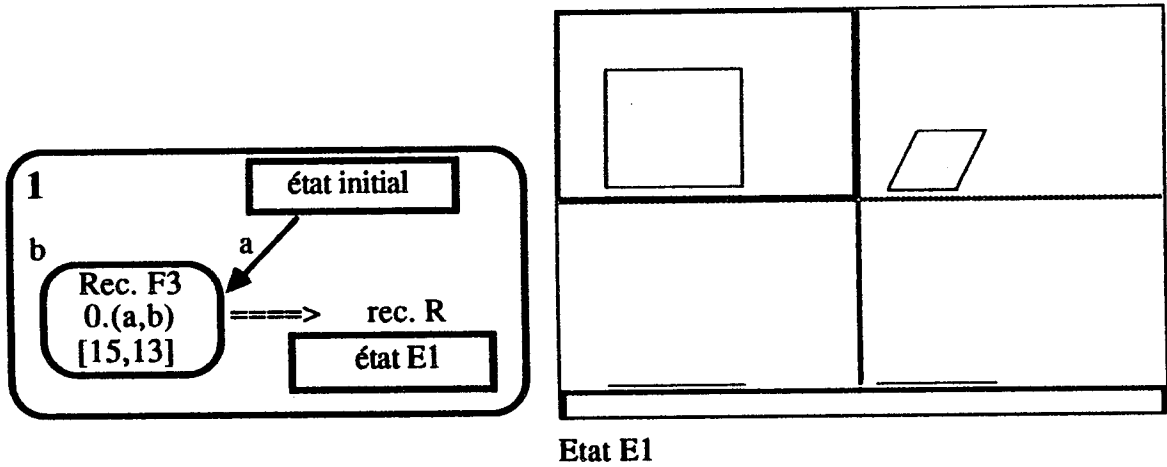
Etat E2



Etat final

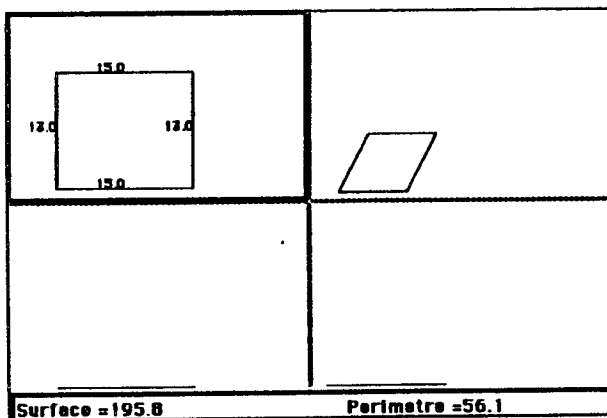
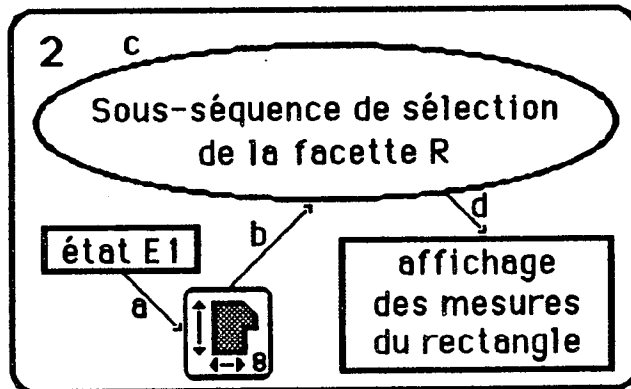
(Eric, Serge) - Pavé - 1

**Première phase : construction d'une facette**



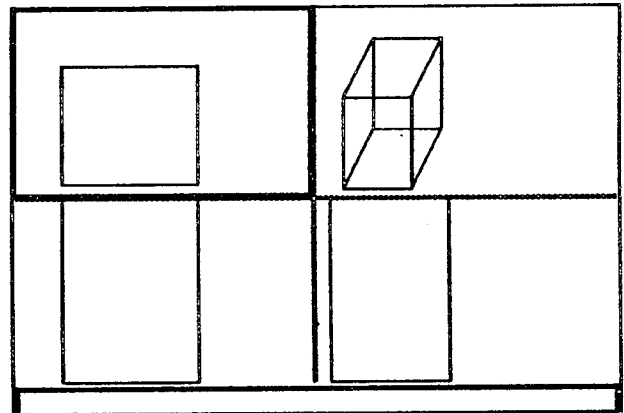
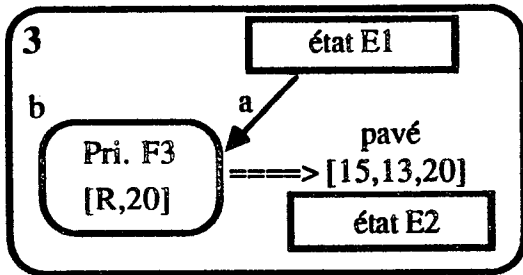
**Deuxième phase : construction du pavé à partir de la facette préconstruite**

Avec l'intention de communiquer à la machine la valeur de la hauteur :



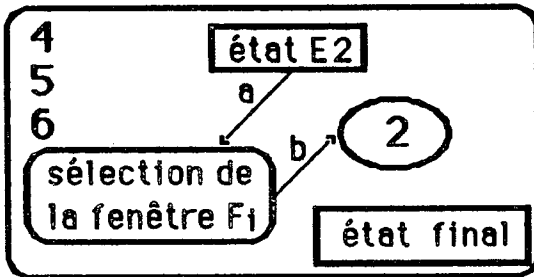
Etat E'1

(Eric, Serge) - Pavé - 2



Etat E2

Avec l'intention de vérifier le résultat :



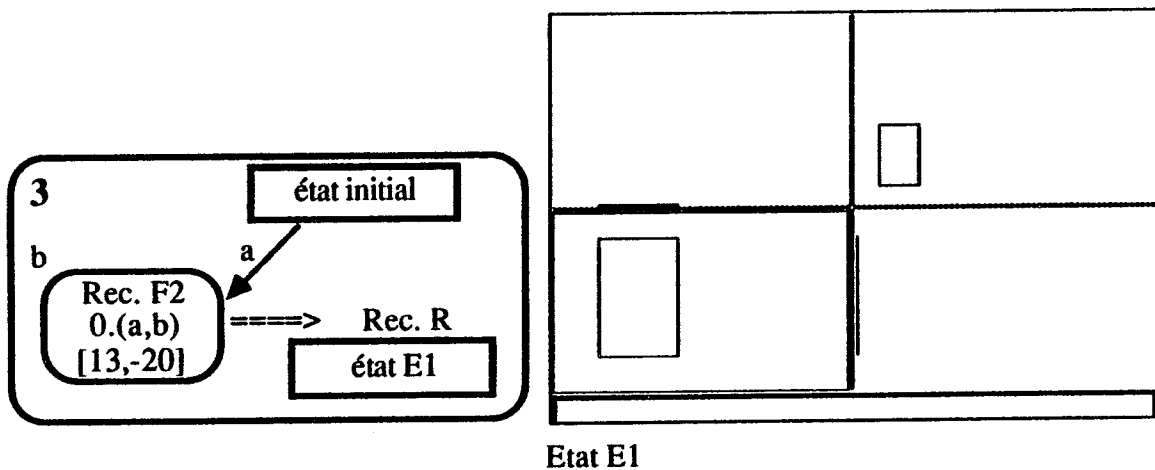
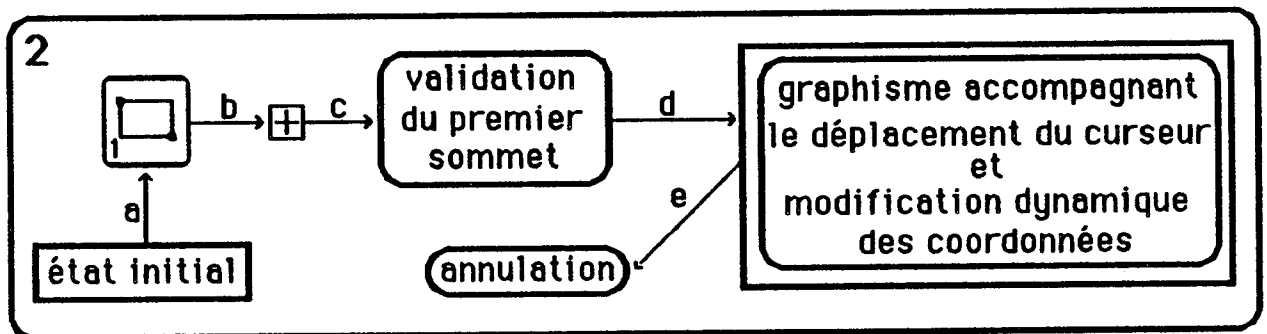
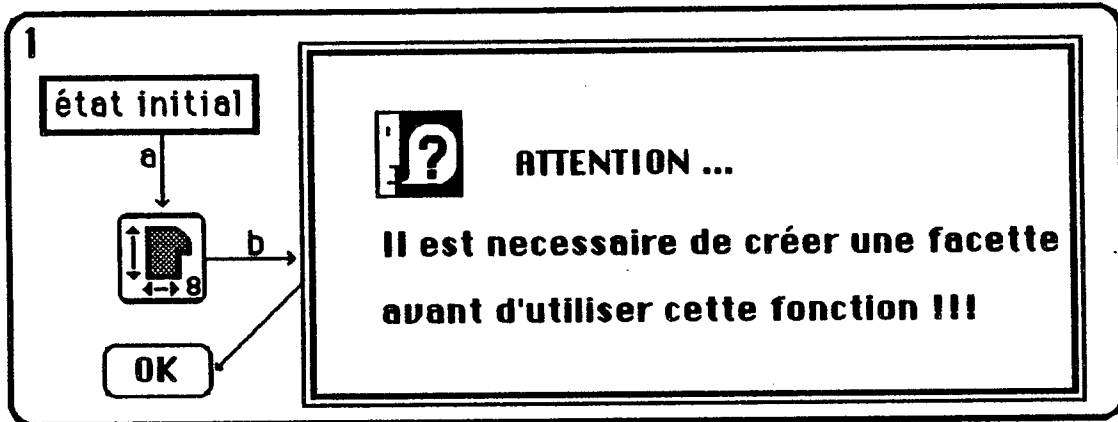
(i=1,2,3)



(Olivier, Stéphane) - Pavé - 1

Première phase 1 : construction d'une facette

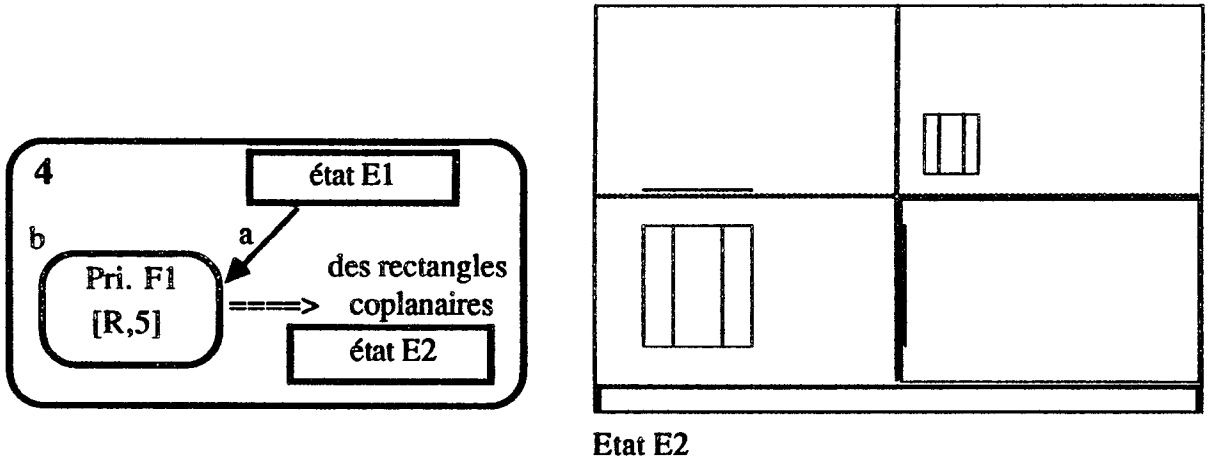
Avec l'intention de communiquer à la machine les dimensions du pavé,



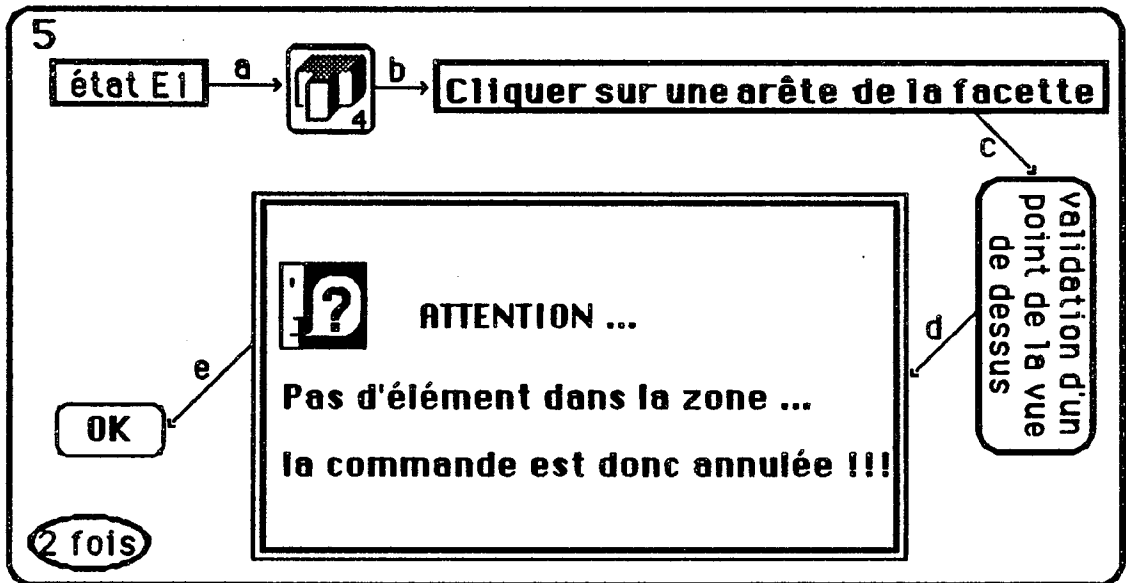
(Olivier, Stéphane) - Pavé - 2

Deuxième phase 1 : construction du pavé à partir de la facette préconstruite

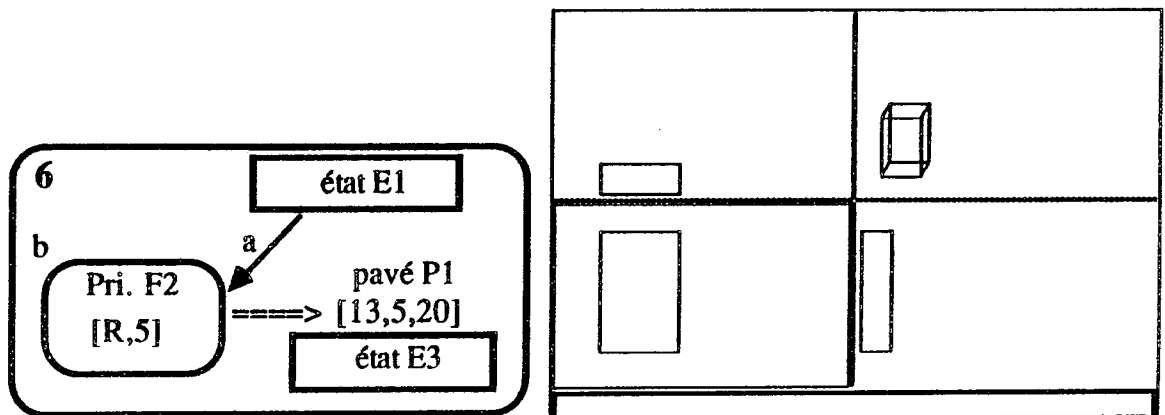
Changement de fenêtre, en vue de communiquer à la machine la "longueur" du pavé



Etat E2



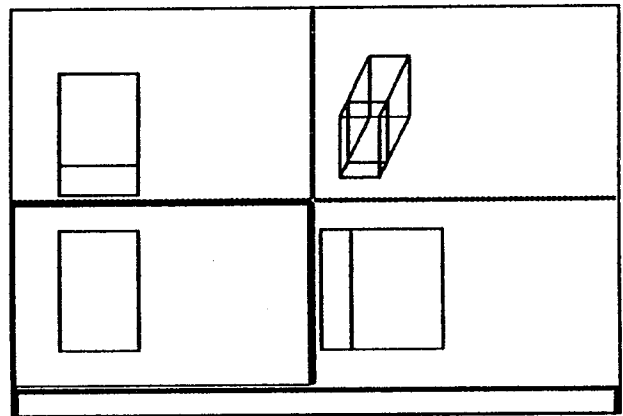
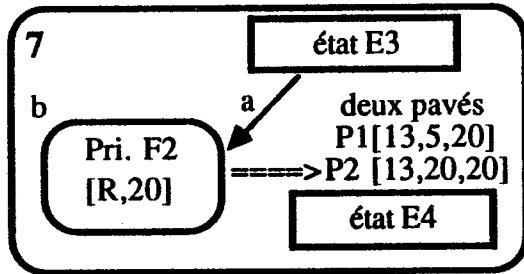
Application de "Prisme", sans modifier la valeur de la hauteur affichée par défaut



Etat E3

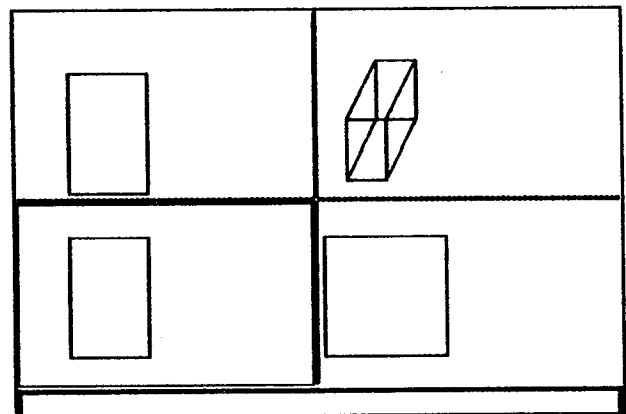
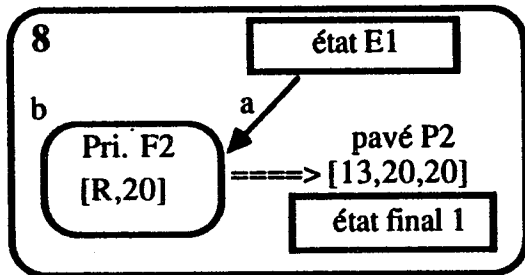
(Olivier, Stéphane) - Pavé - 3

Réapplication, en modifiant la valeur affichée de la hauteur



Etat E4

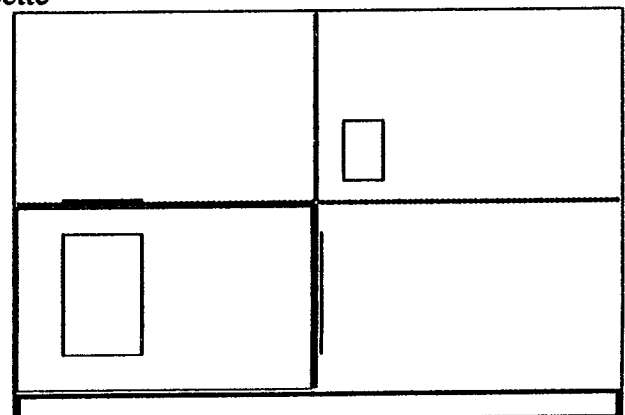
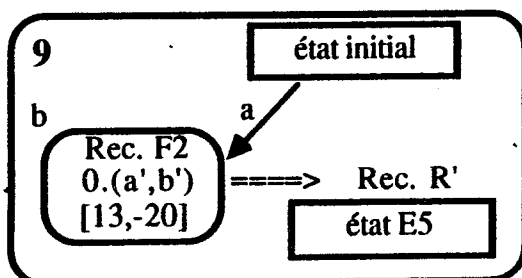
Reprise, pour ne plus avoir le pavé supplémentaire non désiré



Etat final 1

Prise de conscience que le résultat n'est pas compatible avec les données numériques du problème

Première phase 2 : construction d'une facette

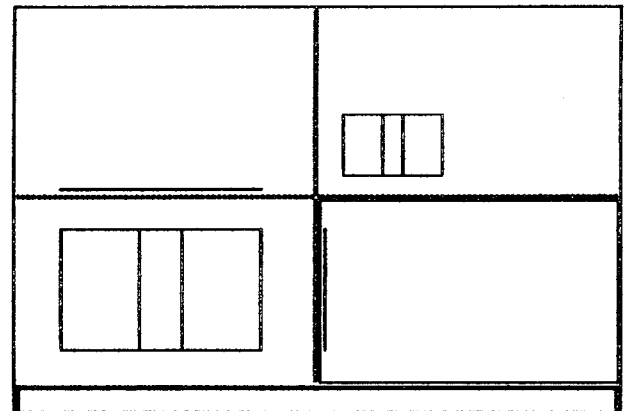
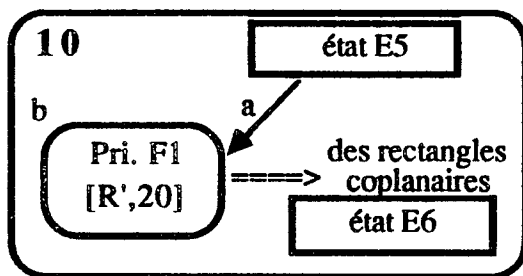


Etat E5

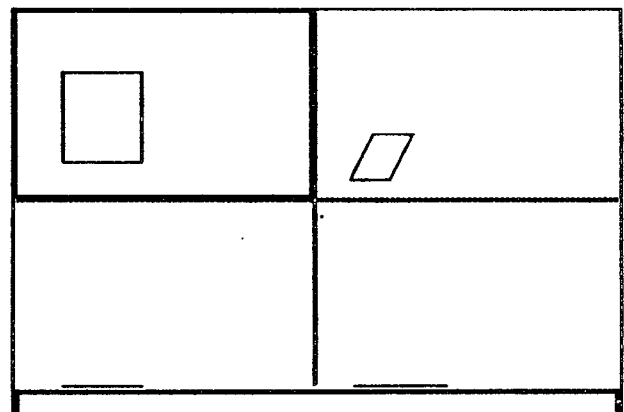
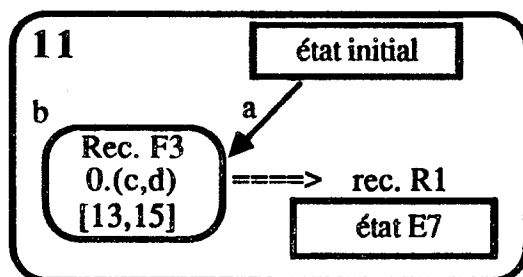
(Olivier, Stéphane) - Pavé - 4

Deuxième phase 2 : construction du pavé à partir de la facette préconstruite

Changement de fenêtre, en vue de communiquer à la machine la "longueur" du pavé



Etat E6

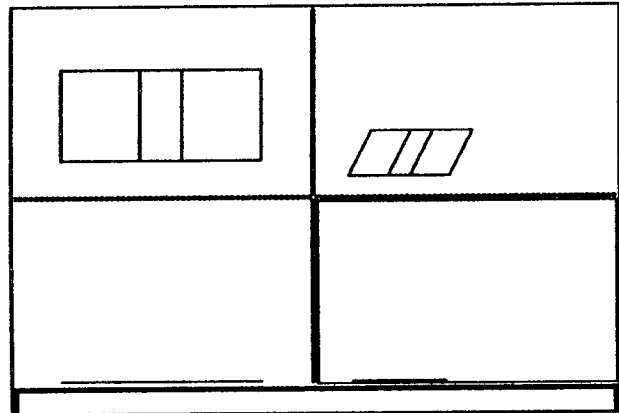
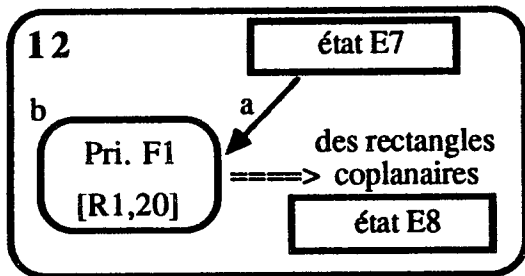
Première phase 3 : construction d'une facette

Etat E7

(Olivier, Stéphane) - Pavé - 5

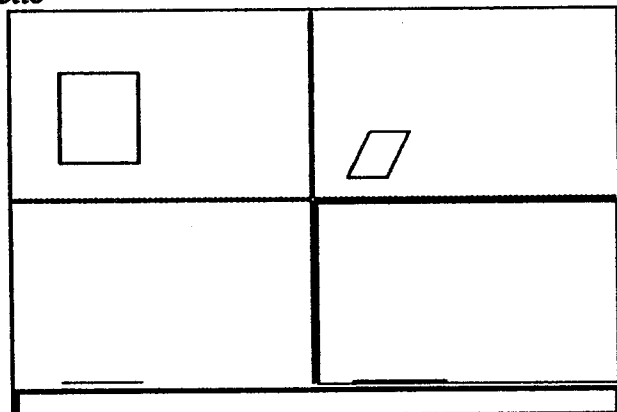
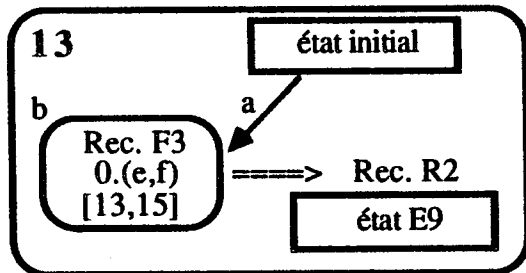
Deuxième phase 3 : construction du pavé à partir de la facette préconstruite

Changement de fenêtre, en vue de communiquer à la machine la "hauteur" du pavé



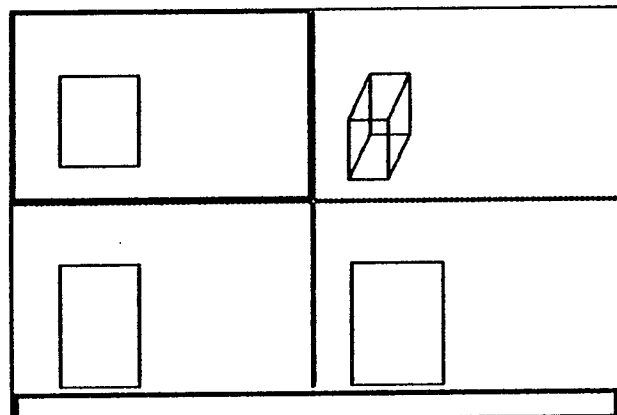
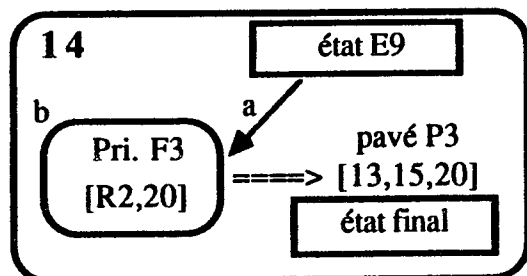
Etat E8

Première phase 4 : construction d'une facette



Etat E9

Deuxième phase 4 : construction du pavé à partir de la facette préconstruite



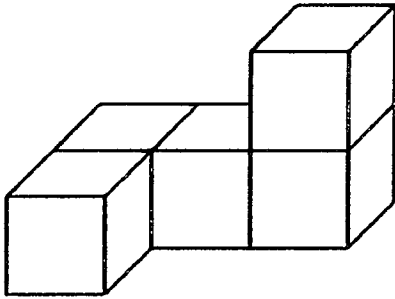
Etat final

O. propose de vérifier les dimensions à l'aide de "Cotation", mais ne le fait pas, par manque de temps.

## Activité "Assemblage 1"

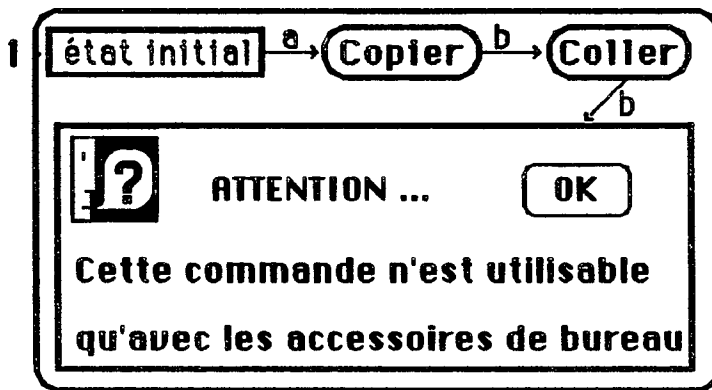
(David, Rachel) - Ass1 - 1

### Assemblage à construire :



1	1	2
1		

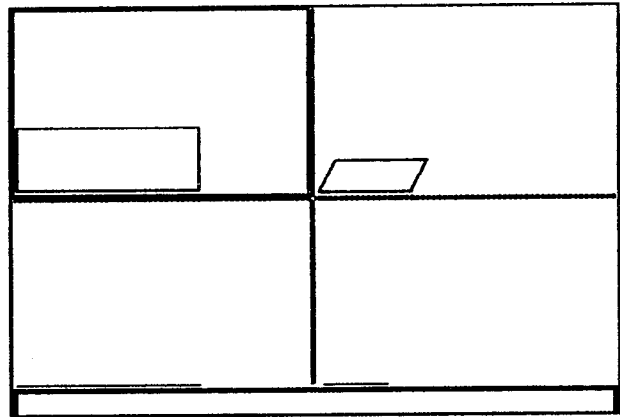
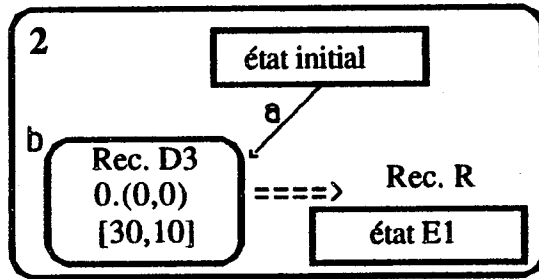
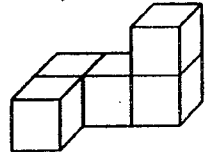
Recherche des options "copier" et "coller", car "ça peut être utile"



Décision de commencer par la barre de trois cubes, pour ne pas avoir de problèmes ultérieurement, si on commence par le cube isolé "devant" (influence de l'activité "simulation").

Leur intention est de dessiner un rectangle dans la fenêtre de la vue de dessus, en vue de le découper plus tard en trois carrés [10,10].

(David, Rachel) - Ass1 - 2



Etat E1

Essais :



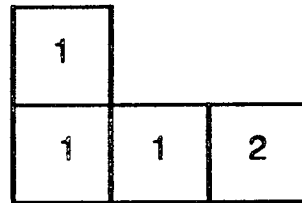
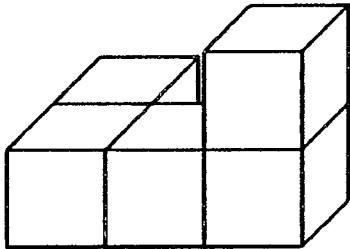
, agrandissent la fenêtre de la vue en 3D,



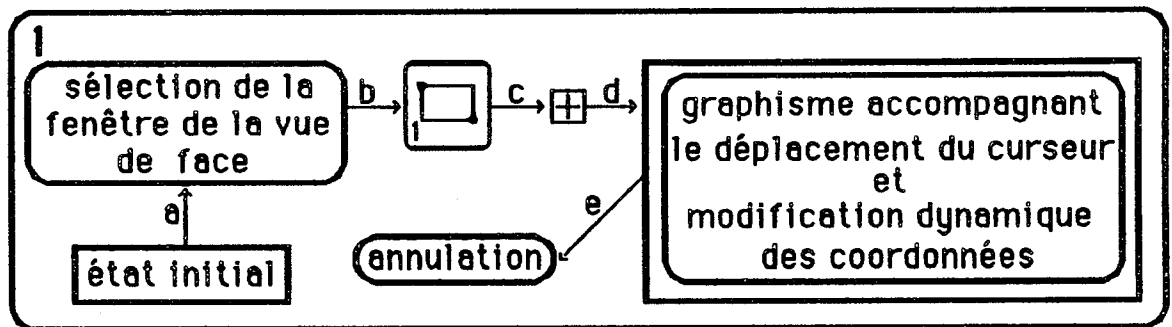
, ils décident qu'il est nécessaire

de recommencer.

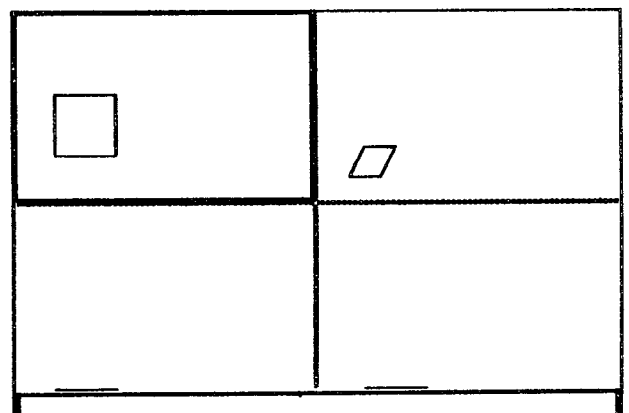
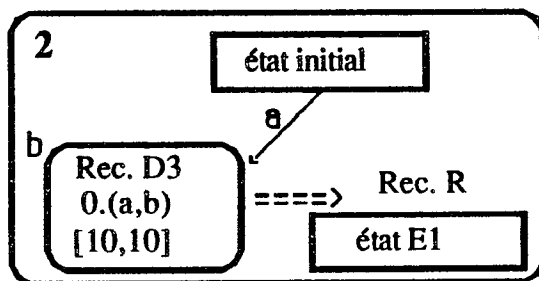
Assemblage à construire :



Organisation de l'ordre dans lequel doit se faire la construction des cubes (influence de l'activité "simulation")



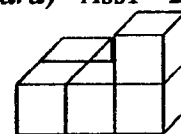
Ne sachant attribuer de statut aux valeurs variables de z, et puisque la valeur de y est constante (nulle), ils décident de commencer plutôt la construction dans la fenêtre de la vue de dessus.



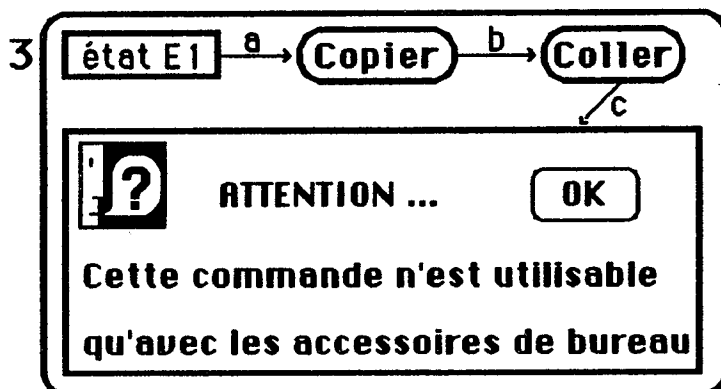
Etat E1



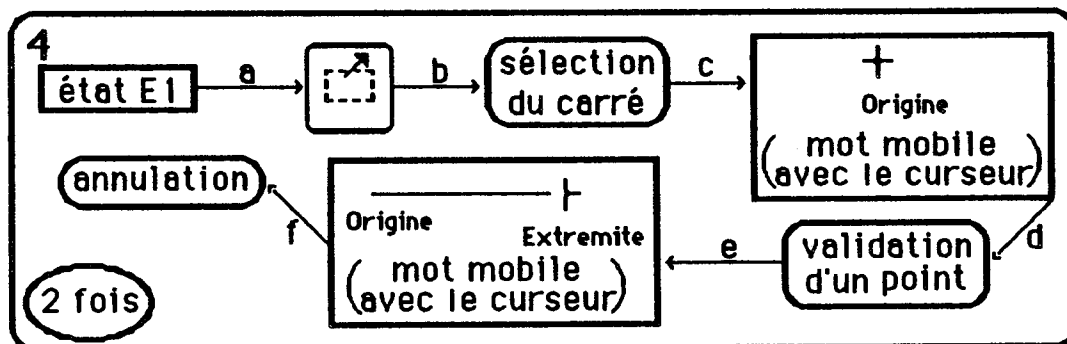
(Eric, Richard) - Ass1 - 2



Discussion autour de l'algorithme à suivre pour la construction : à propos de la construction d'un cube par copie de la face déjà construite, et la construction d'un assemblage par copie d'un cube.

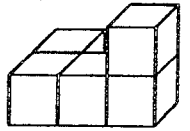


Avec l'intention de trouver un moyen pour sélectionner ce qu'on veut copier :

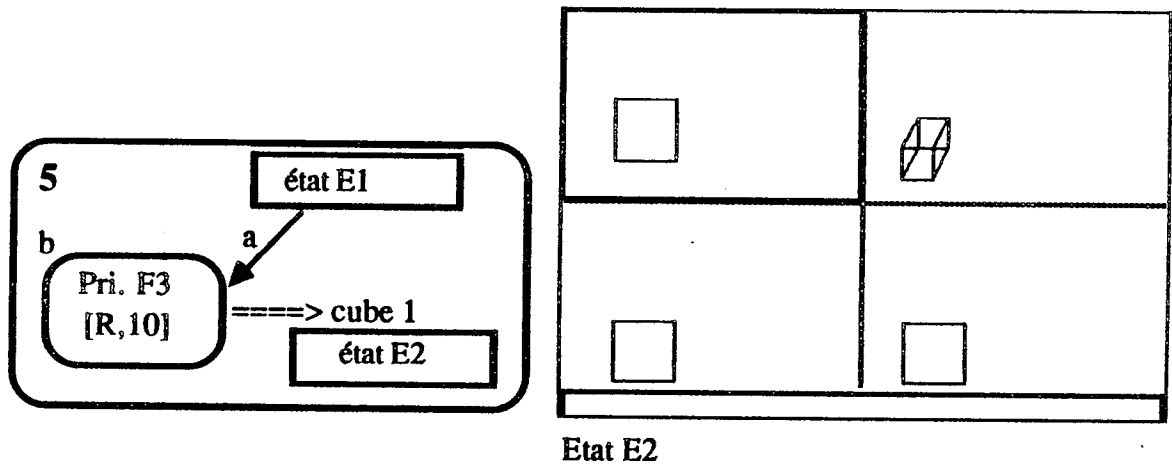


A plusieurs reprises, propositions de construire dans la fenêtre 3D, tentatives vaines.

(Eric, Richard) - Ass1 - 3



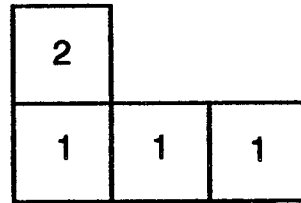
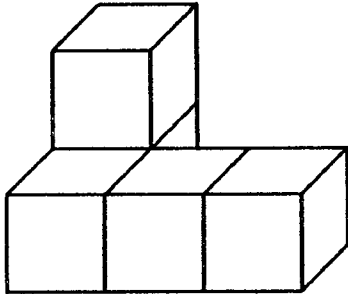
Discussions autour de la possibilité de coller le carré déjà dessiné dans la fenêtre de la vue de face ou celle de la vue de côté, pour construire un cube.



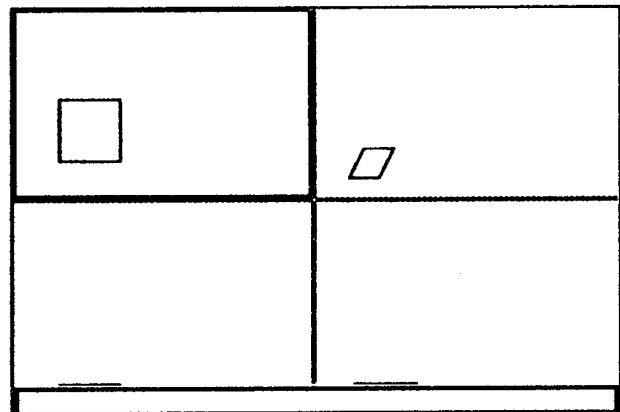
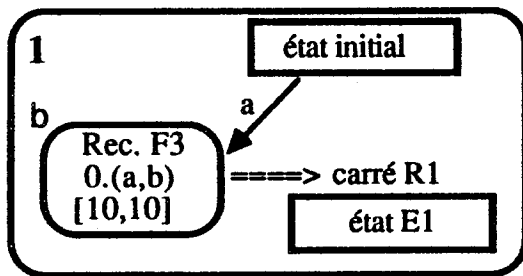
Discussion autour de la possibilité de copier le cube déjà construit, recherche dans l'album (influence de l'activité "simulation")

(Olivier, Stéphane) - Ass1 - 1

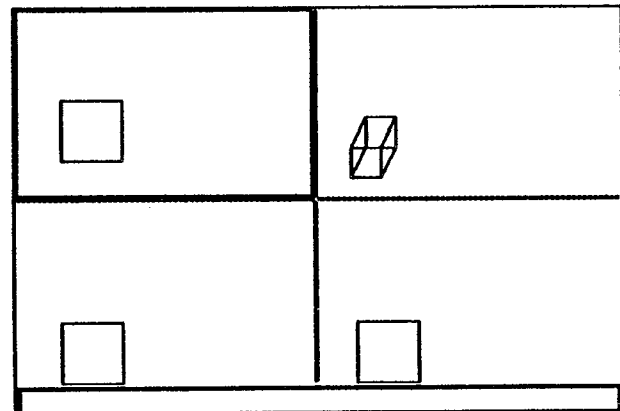
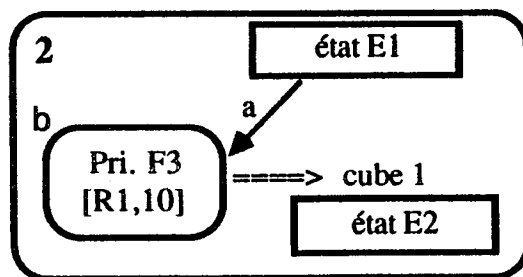
Assemblage à construire :



Rapprochement avec la construction du pavé : le carré a rapidement été considéré comme un pavé particulier.

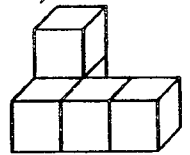


Etat E1

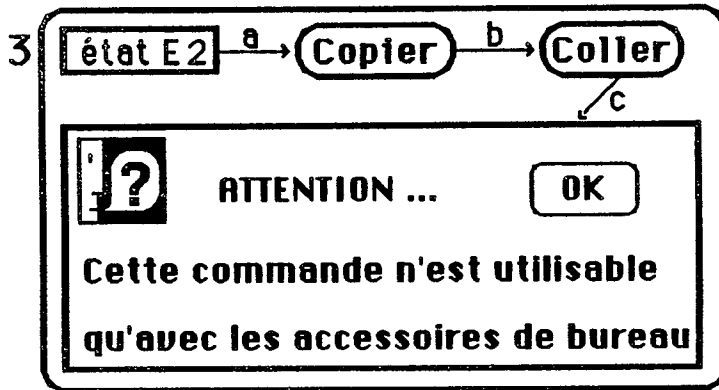


Etat E2

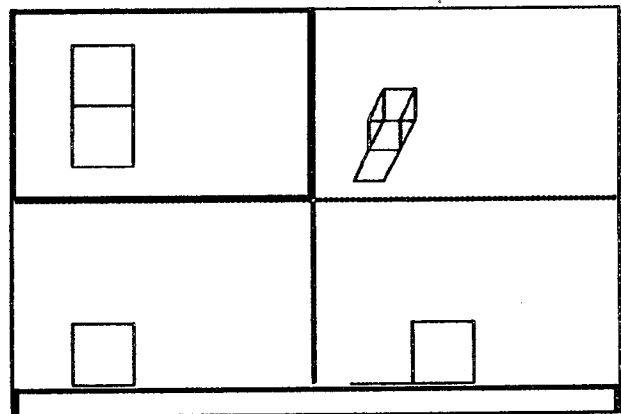
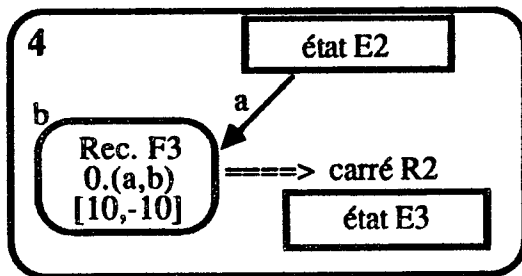
(Olivier, Stéphane) - Ass1 - 2



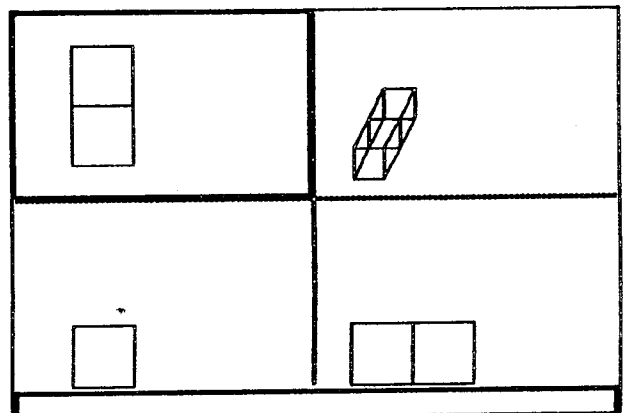
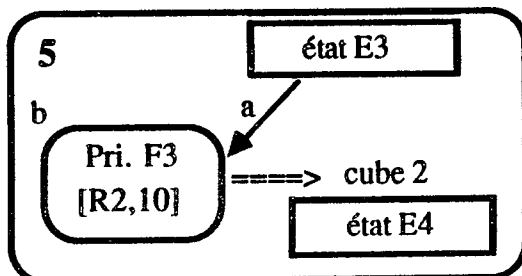
Ils agrandissent la fenêtre de la vue 3D, pour se mettre en une situation proche de celle de Mac Paint.



Discussion pour faire correspondre le cube dessiné à un des cubes de l'assemblage (influence de l'activité "simulation"); puis décision de construire les autres cubes avec la même méthode que le premier.

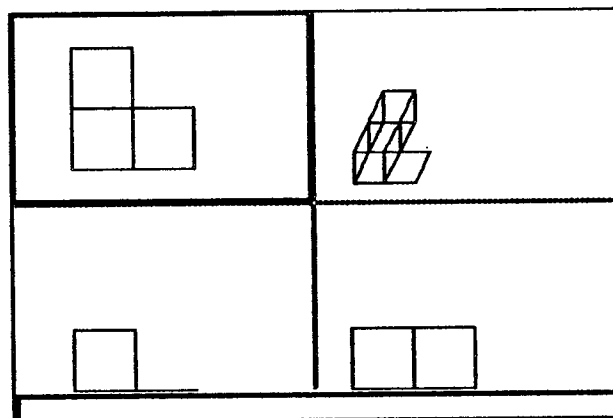
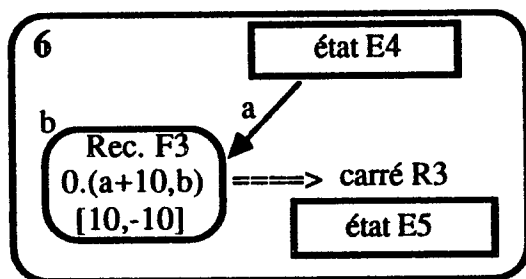
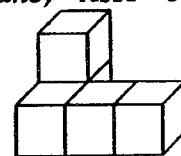


Etat E3

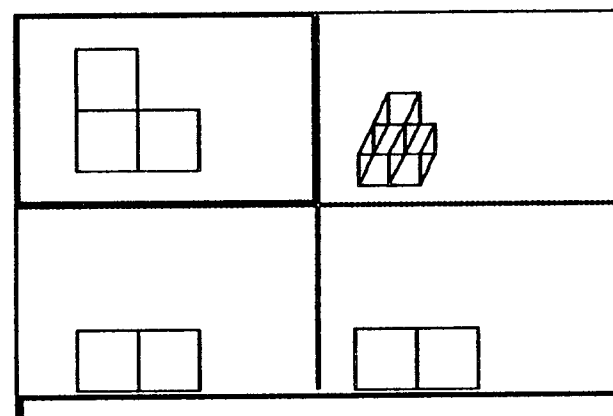
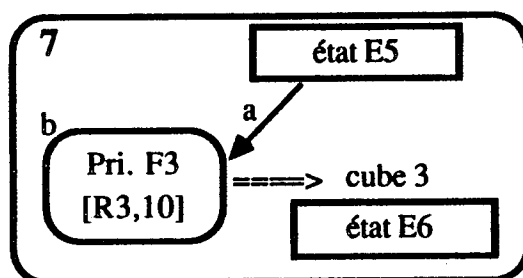


Etat E4

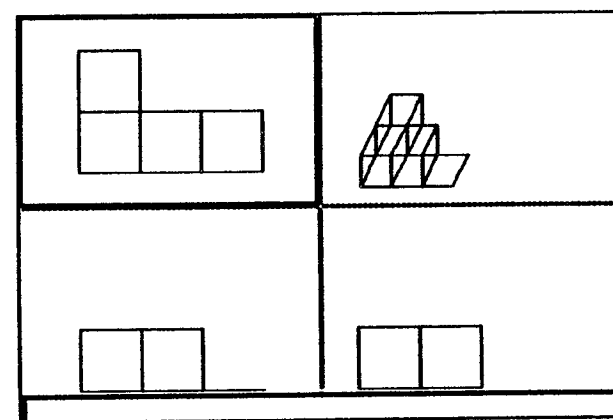
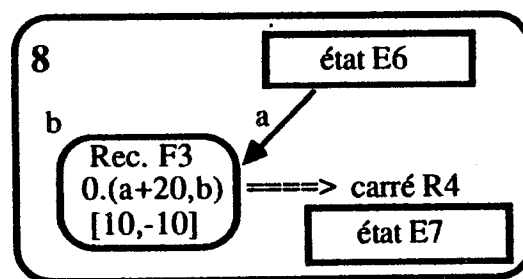
(Olivier, Stéphane) - Ass1 - 3



Etat E5

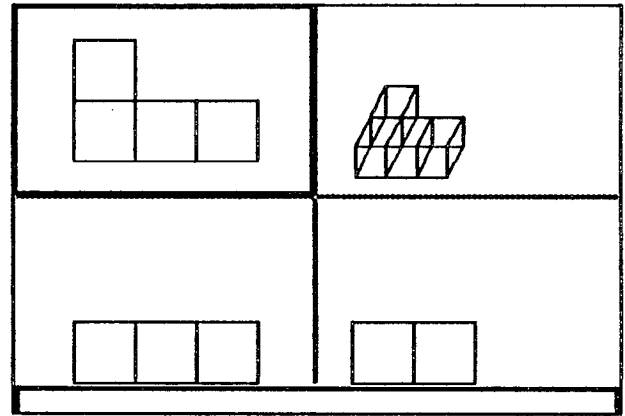
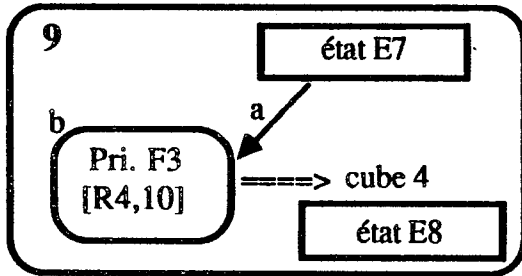
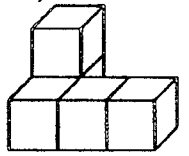


Etat E6



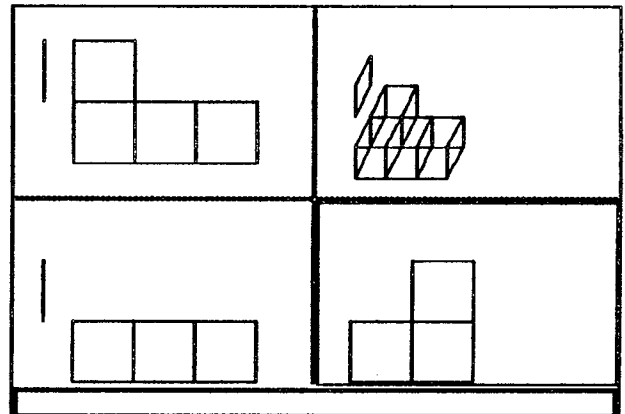
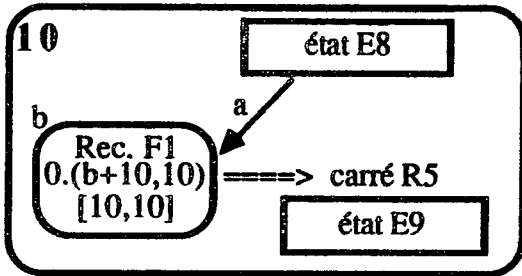
Etat E7

(Olivier, Stéphane) - Ass1 - 4



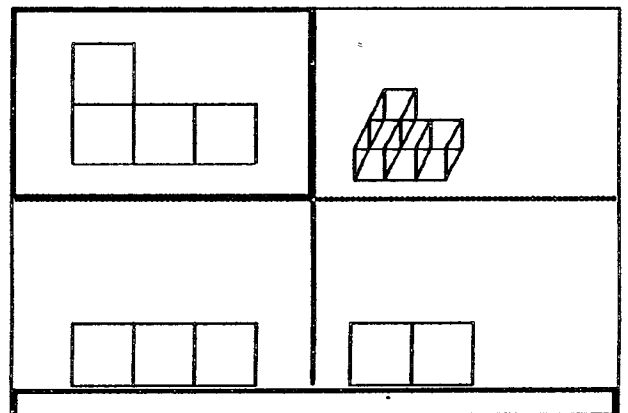
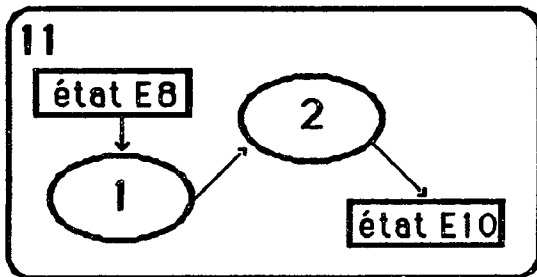
Etat E8

Le problème des "étages" est posé



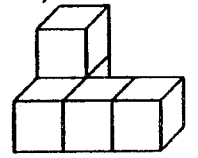
Etat E9

Décision de reprendre la construction avec "Prisme" dans la fenêtre de la vue de dessus, en pensant que l'ordinateur mettra le nouveau cube par-dessus celui déjà construit.

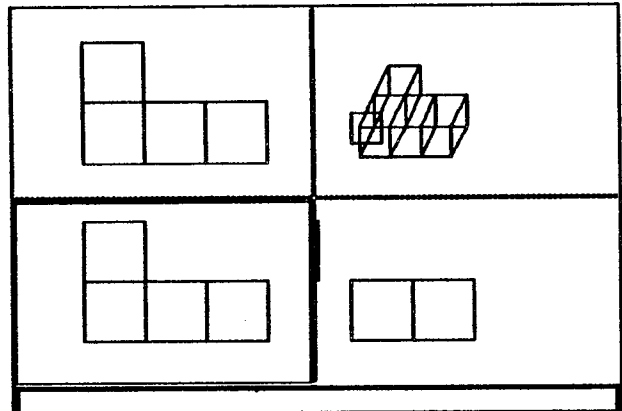
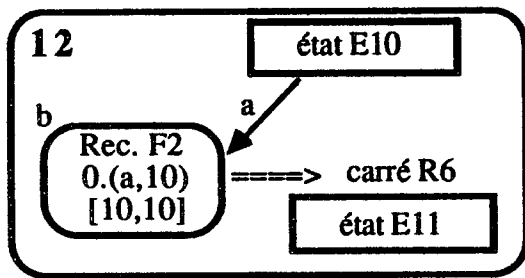


Etat E10

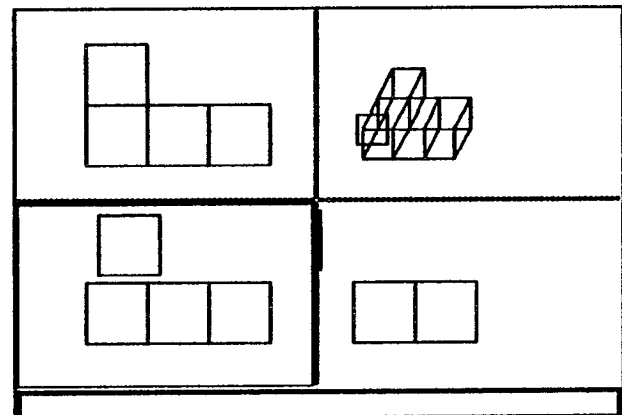
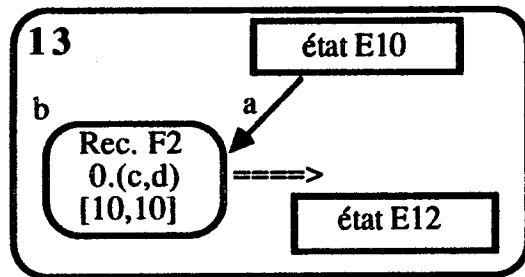
(Olivier, Stéphane) - Ass1 - 5



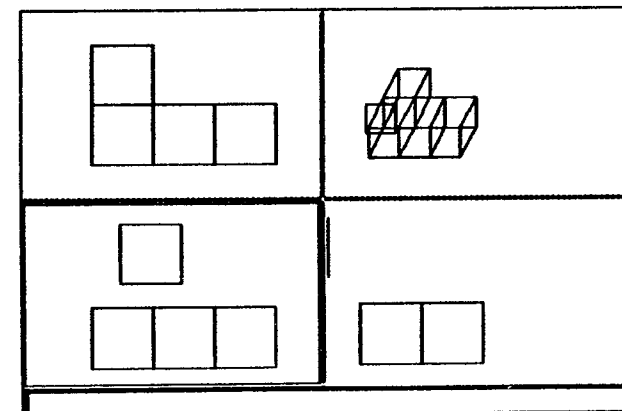
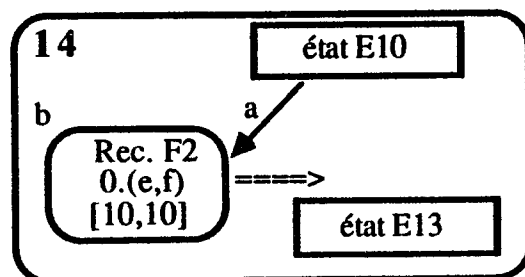
Décision d'adopter la méthode "Prisme", avec une base de construction frontale (construite au sein de la fenêtre de la vue de face)



Etat E11

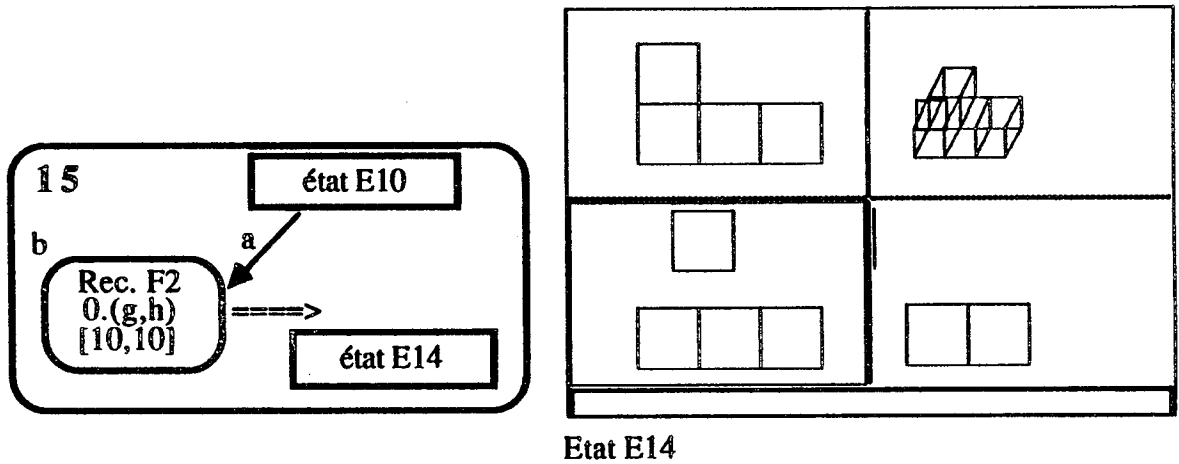
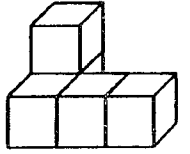


Etat E12



Etat E13

(Olivier, Stéphane) - Ass1 - 6



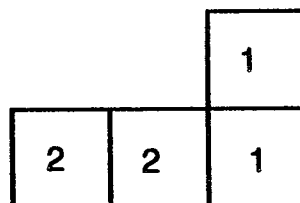
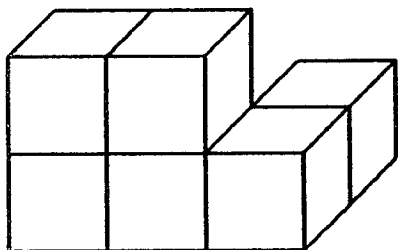
Leur dernière idée, que la fin de la séance les a empêchés de mener à fin, est d'approcher approximativement la position que doit avoir le carré en vue 3D, en modifiant sa position au cours de la construction au sein de la fenêtre de la vue de face.



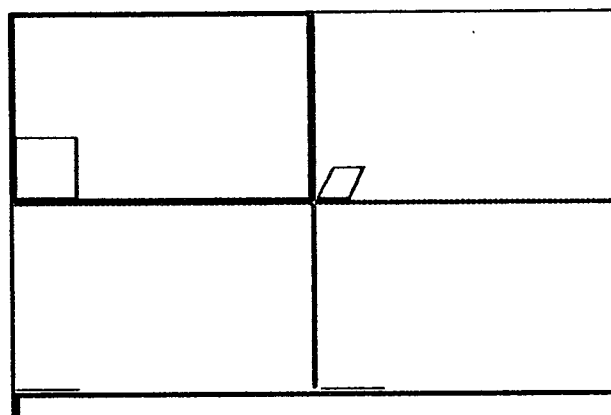
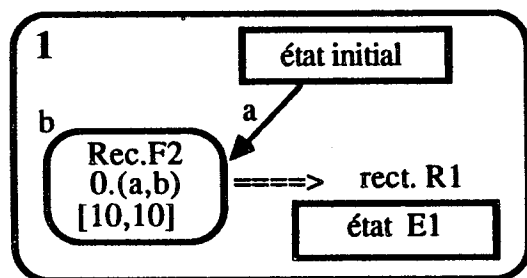
### Activité "Assemblage 2"

(David, Rachel) - Ass2 - 1

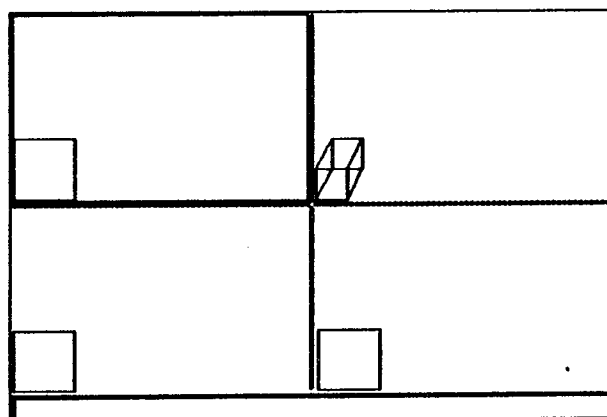
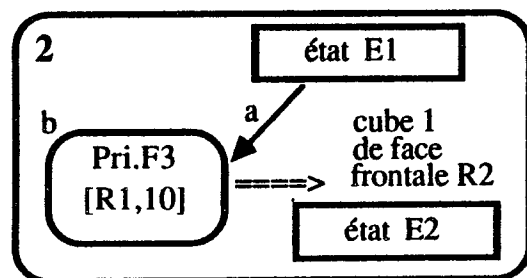
Assemblage à construire :



Leur intention est de construire un cube, le "mettre en mémoire", puis le coller

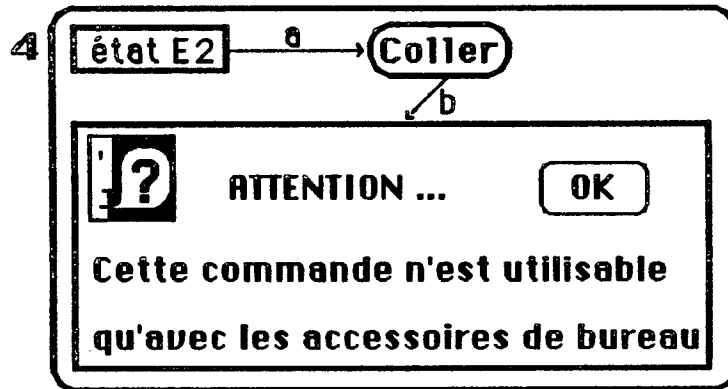
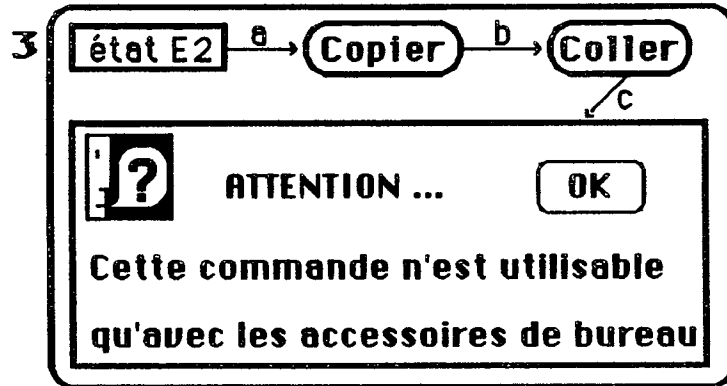
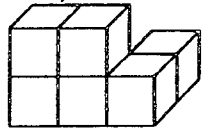


Etat E1

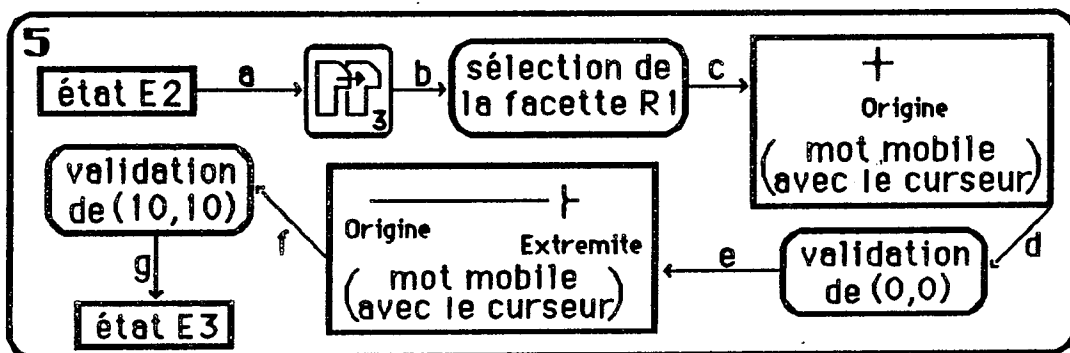


Etat E2

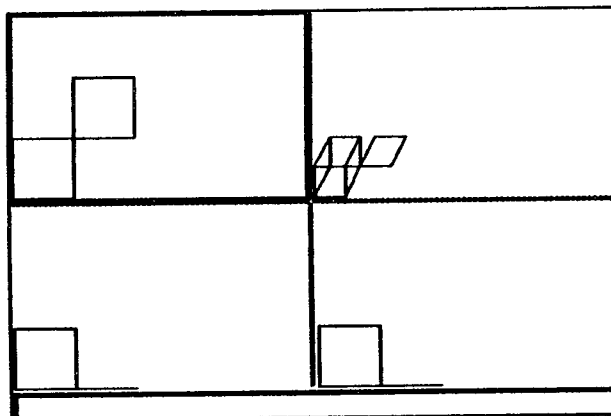
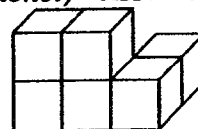
(David, Rachel) - Ass2 - 2



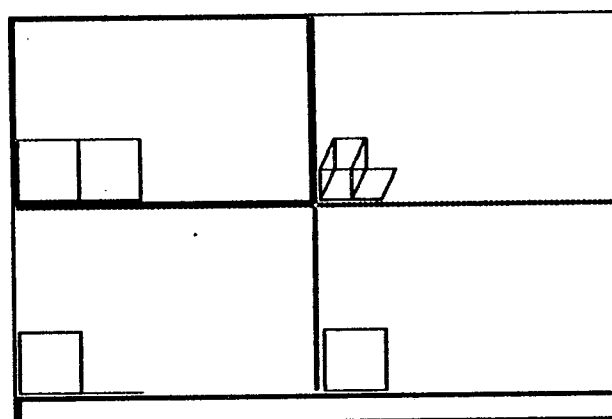
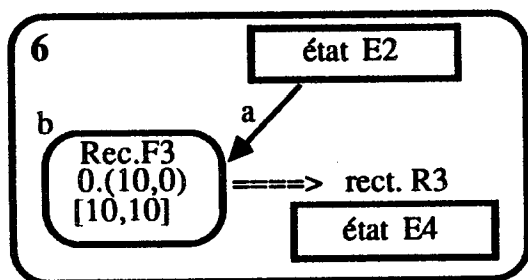
Avec l'intention de trouver un moyen pour déplacer le cube dessiné



(David, Rachel) - Ass2 - 3

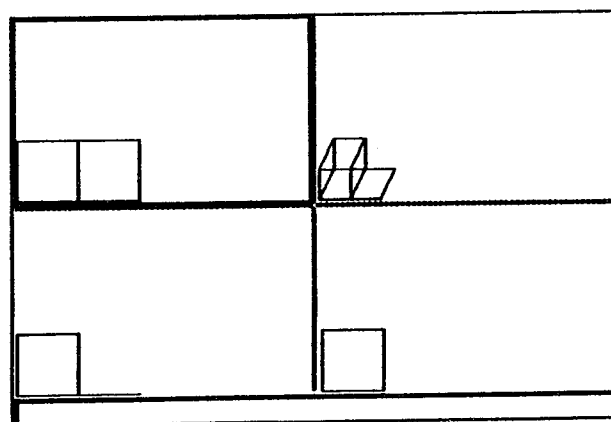
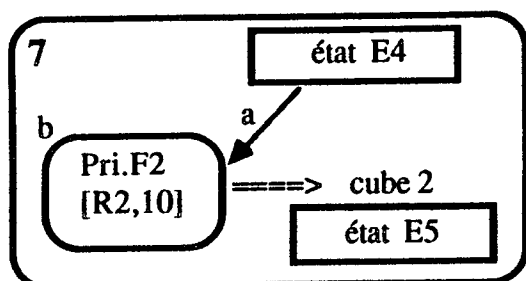


Etat E3



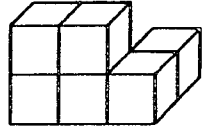
Etat E4

Ils voulaient dessiner le cube "gauche, dessus". Puisque, dans la fenêtre de la vue de dessus, il est difficile de distinguer les deux faces horizontales du cube construit, ils sélectionnent la vue de face.

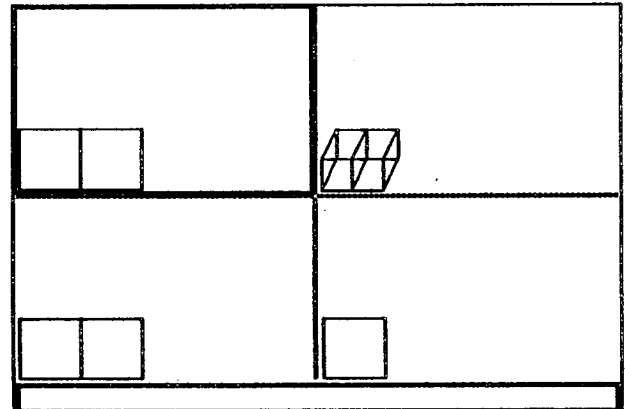
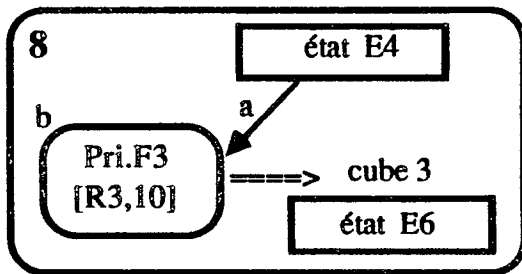


Etat E5

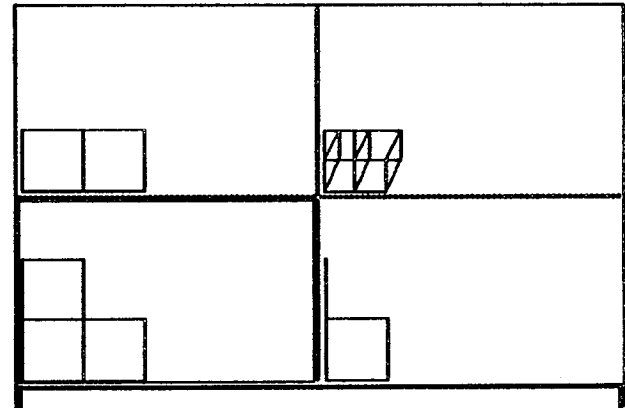
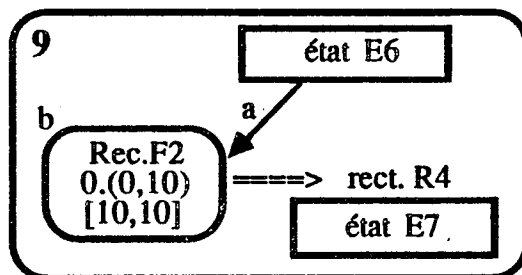
(David, Rachel) - Ass2 - 4



Décision de finir de construire les trois cubes de la barre, dans la fenêtre de la vue de dessus, en projetant de passer ultérieurement à la fenêtre de la vue de face pour le second étage.

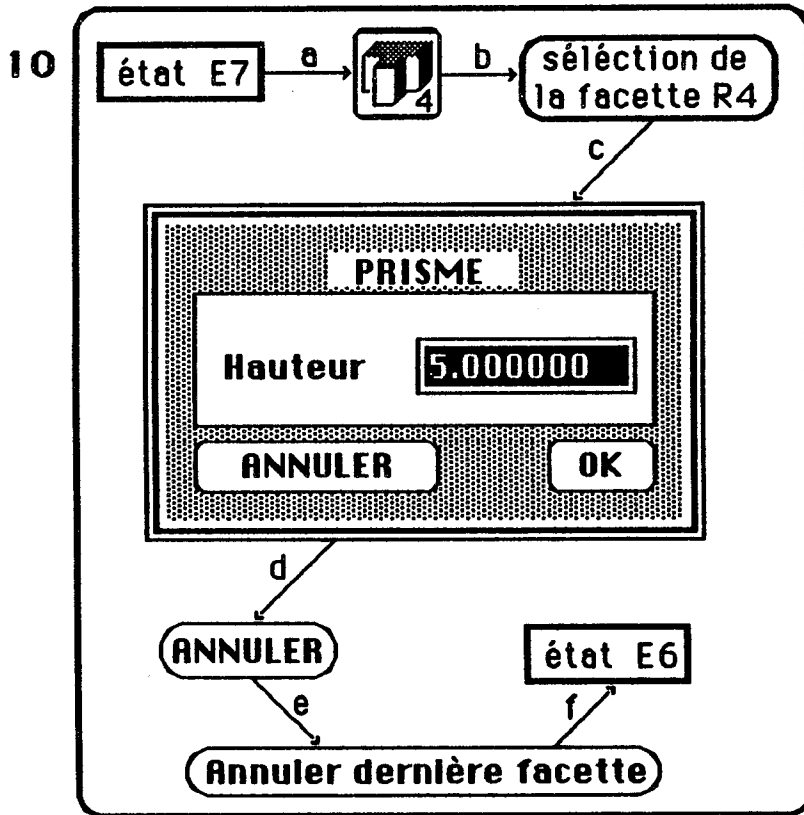
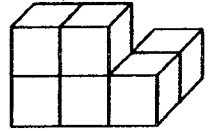


Etat E6

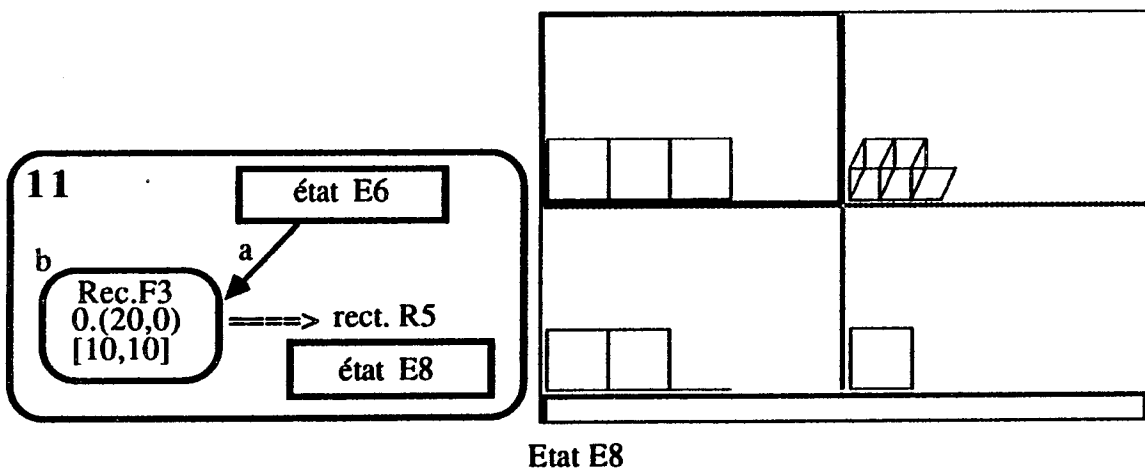


Etat E7

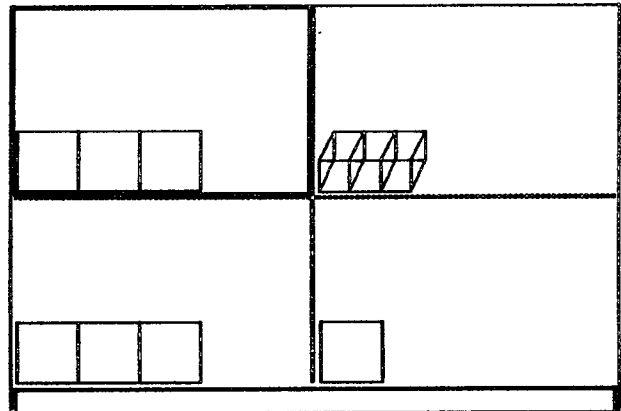
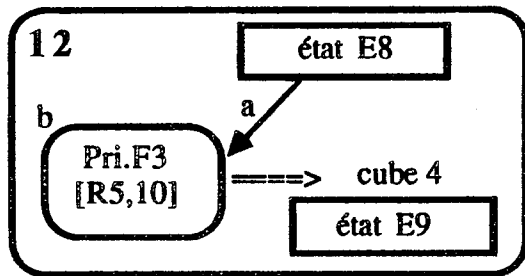
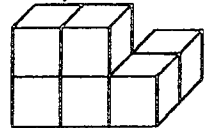
(David, Rachel) - Ass2 - 5



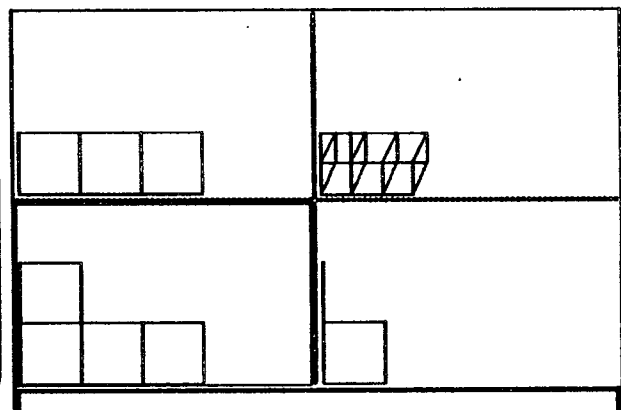
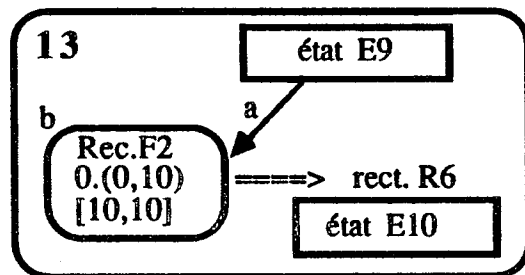
Phase collective



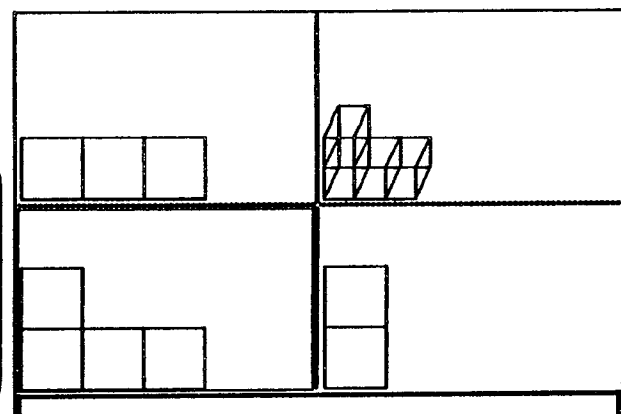
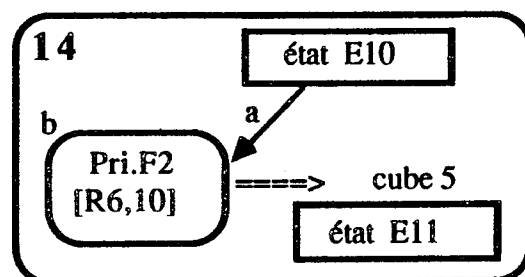
(David, Rachel) - Ass2 - 6



Etat E9

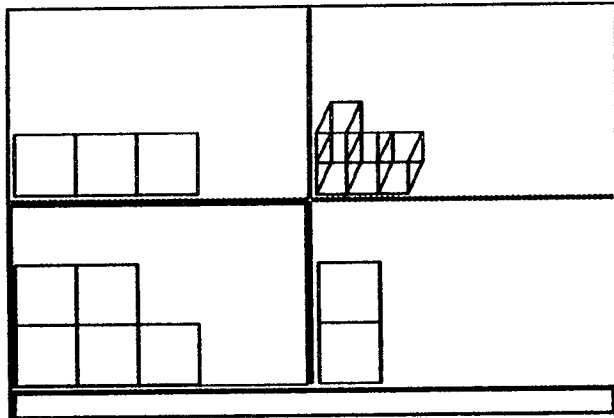
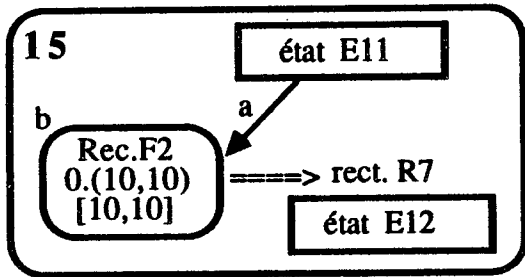
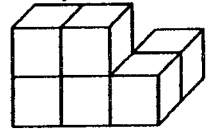


Etat E10

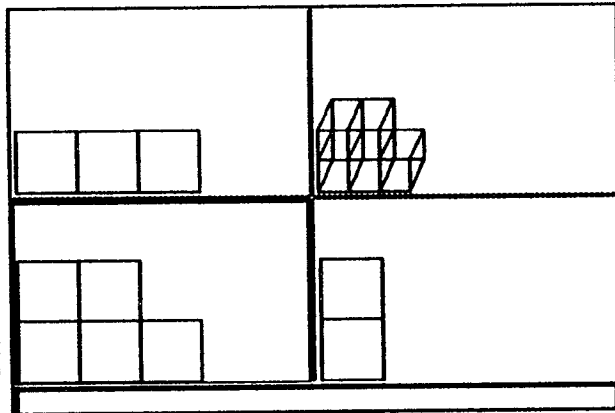
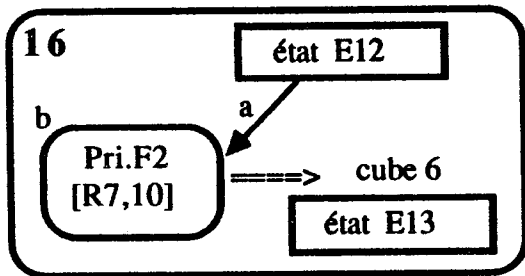


Etat E11

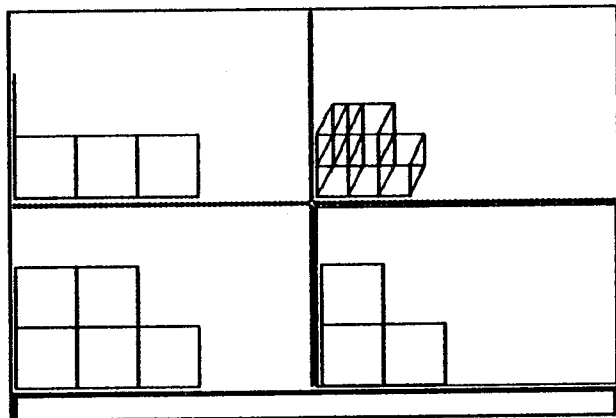
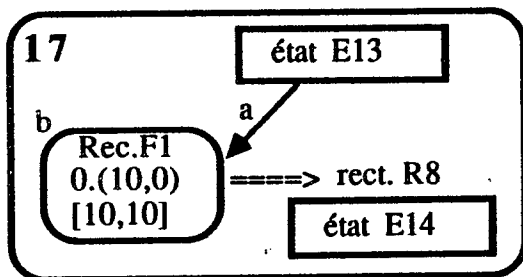
(David, Rachel) - Ass2 - 7



Etat E12



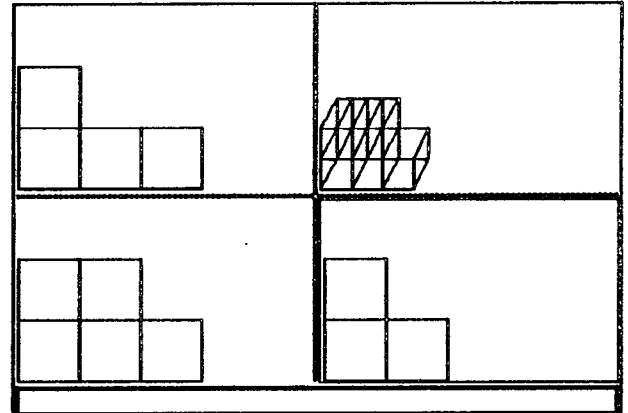
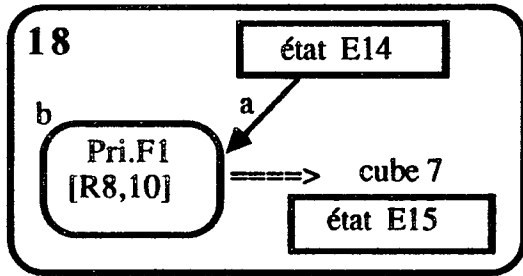
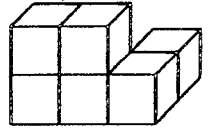
Etat E13



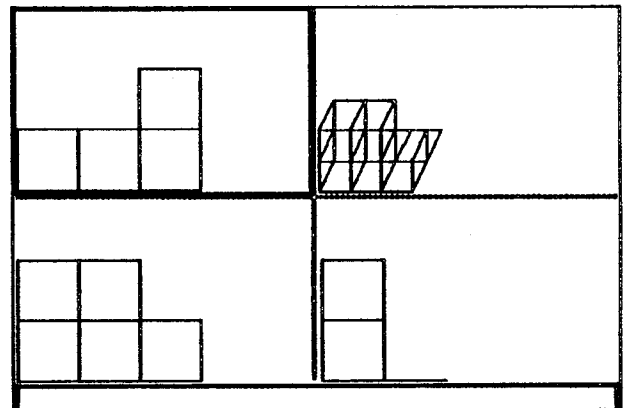
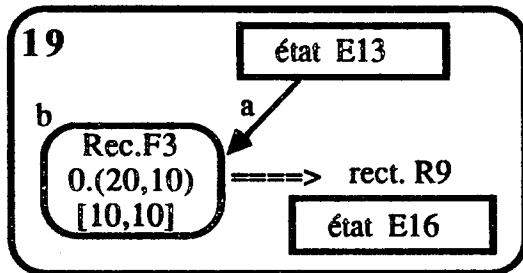
Etat E14

Discussion de la validité du résultat obtenu; ils décident de construire le cube pour voir.

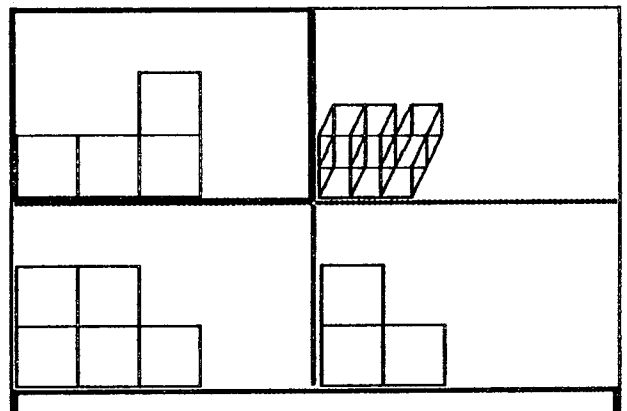
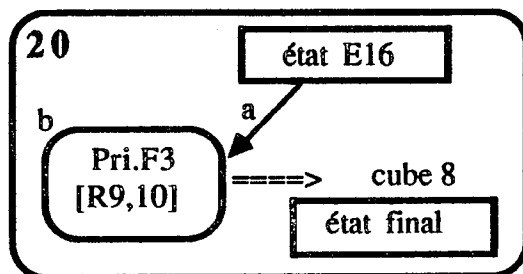
(David, Rachel) - Ass2 - 8



Etat E15



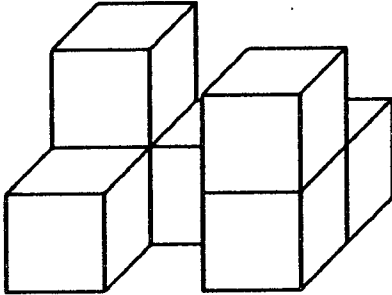
Etat E16



Etat final

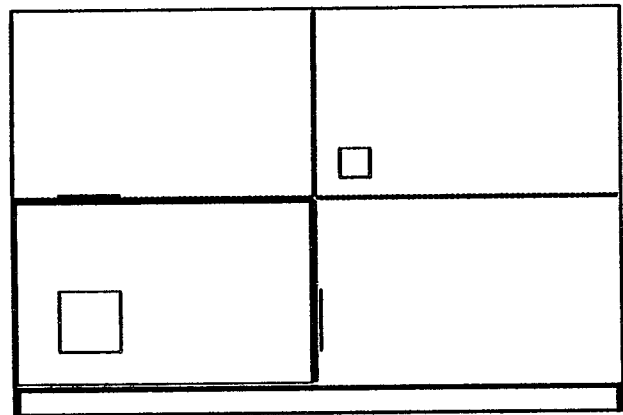
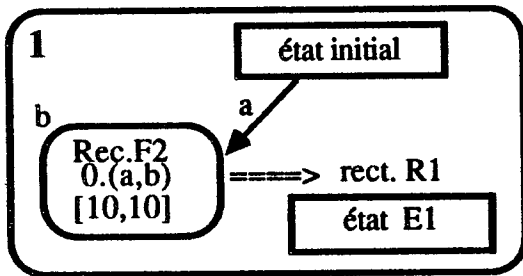


(Eric, Richard) - Ass2 - 1

Assemblage à construire :


2	1	1
1		2

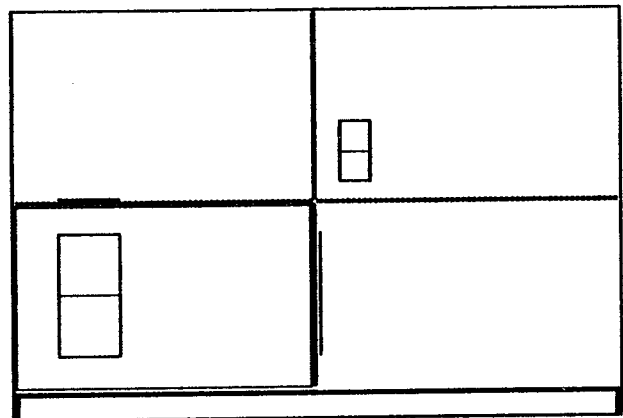
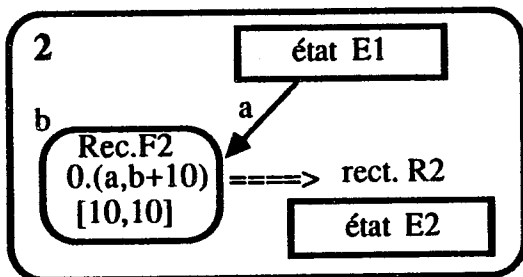
Choix délibéré de travailler dans la fenêtre de la vue de face, car "ça ira mieux"



Etat E1

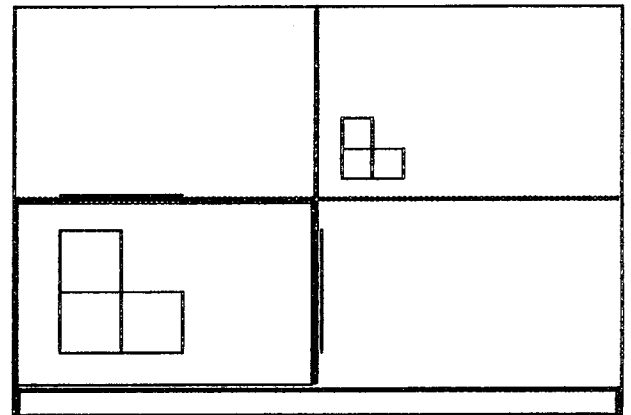
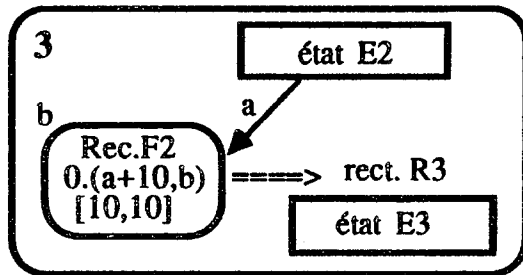
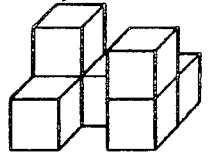


Avec l'intention de déplacer le dessin, ils sélectionnent l'icône ; résultat : déplacement du cadre, entraînant le déplacement de l'espace de la fenêtre.

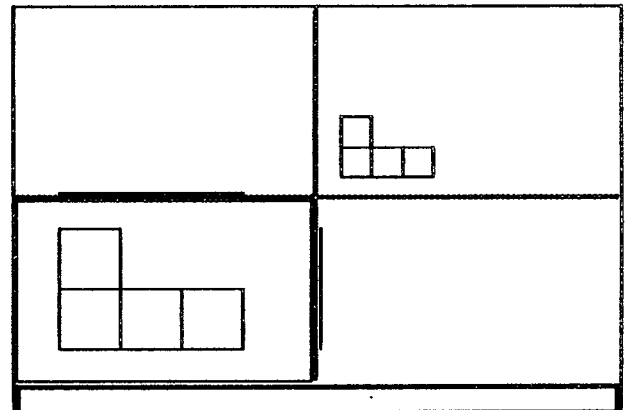
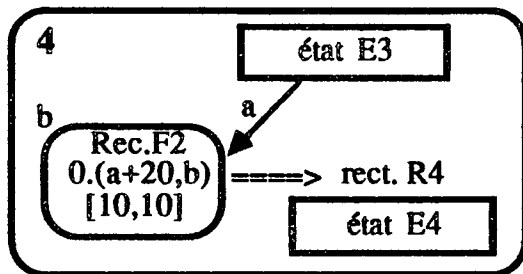


Etat E2

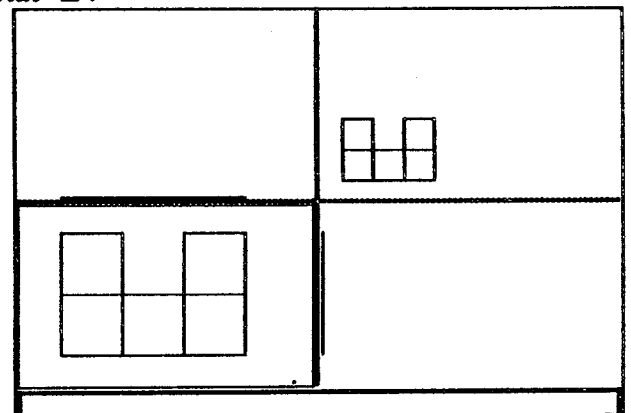
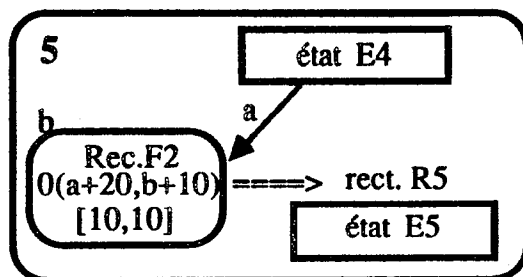
(Eric, Richard) - Ass2 - 2



Etat E3



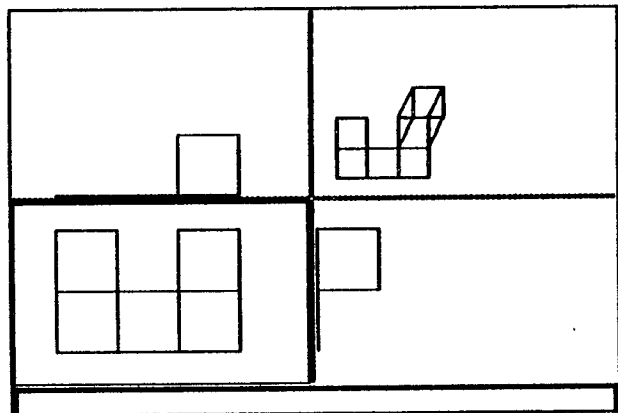
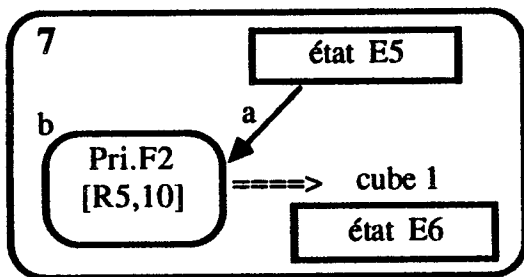
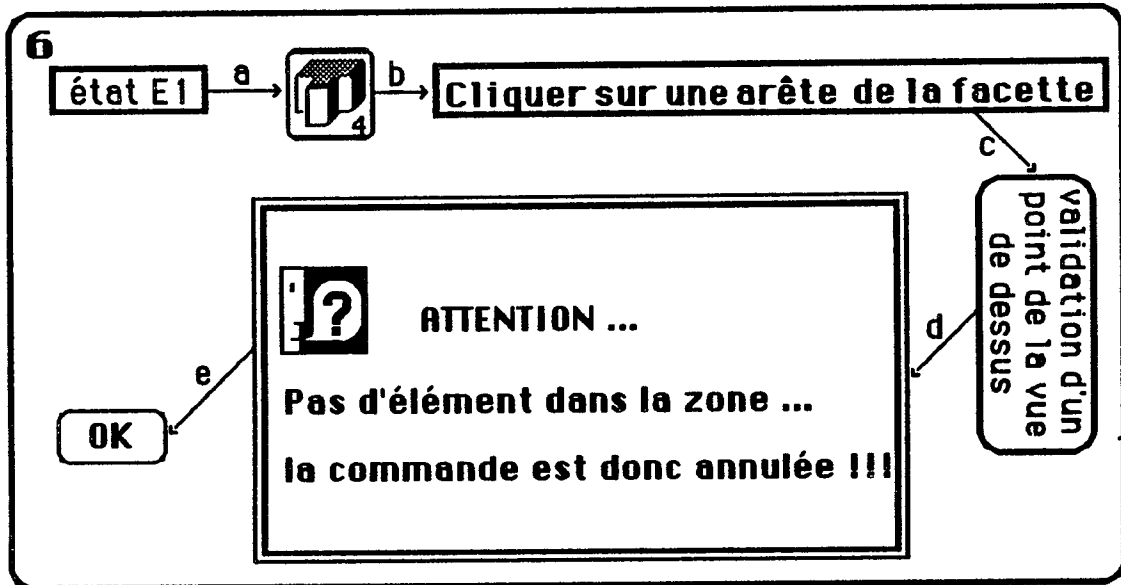
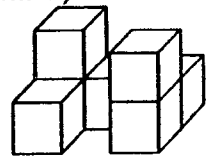
Etat E4



Etat E5

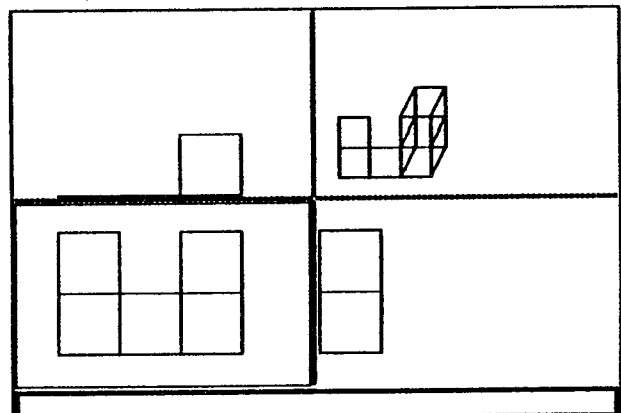
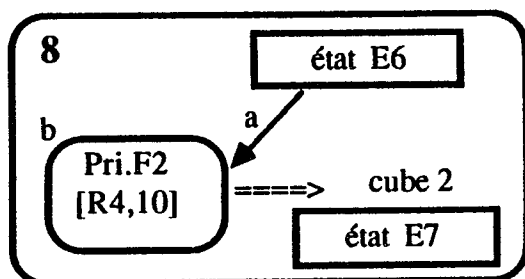
Discussion autour de la validité du résultat obtenu : adoptant deux logiques différentes, les élèves ont un différend : Eric considère que le dessin est faux car il ne révèle pas les décalages de niveaux des faces des cubes, Eric considère qu'il est juste car de toute manière, en vue de face, on ne voit pas ces décalages.

(Eric, Richard) - Ass2 - 3



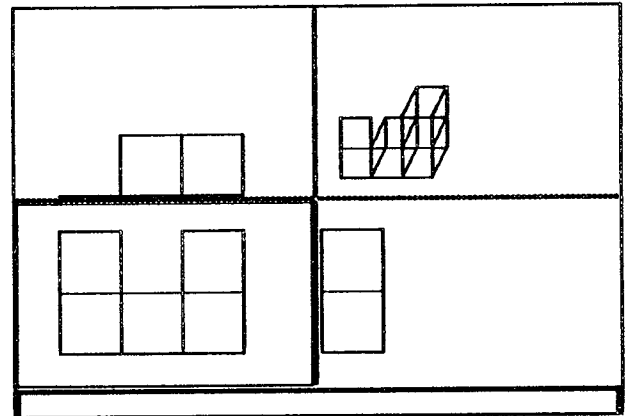
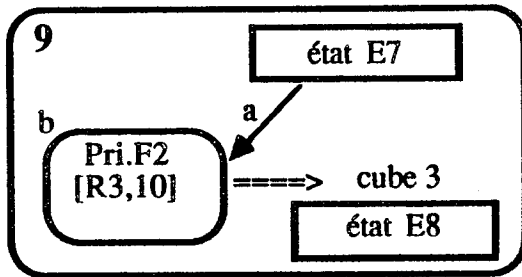
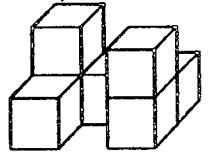
Etat E6

Correspondance entre le dessin et l'objet : identification du cube déjà représenté.

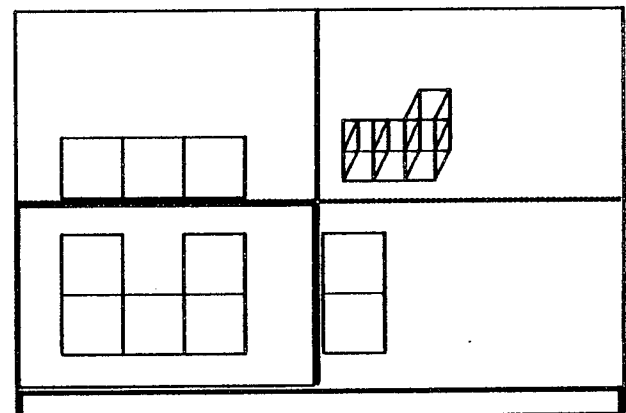
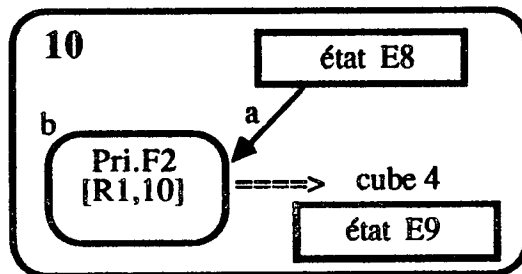


Etat E7

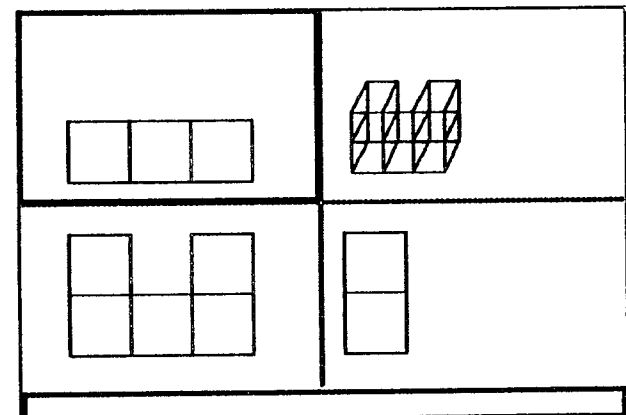
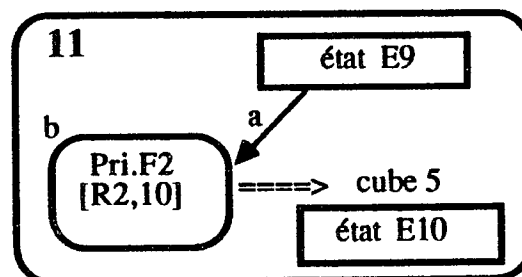
(Eric, Richard) - Ass2 - 4



Etat E8



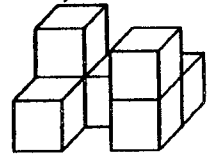
Etat E9



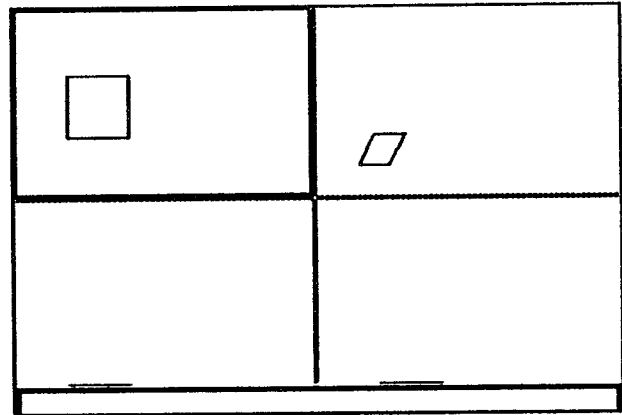
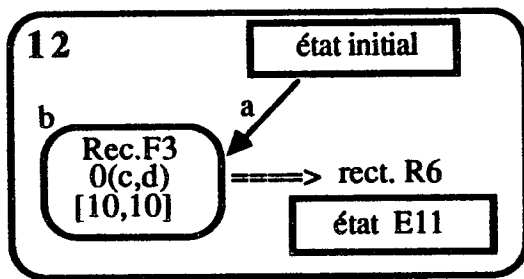
Etat E10

Eric insiste que le dessin est faux : "on n'a aucun cube au milieu". Ils attribuent l'erreur à l'ordre dans lequel ils ont fait la construction des cubes, rappellent "Etat E5" pour recommencer, mais ils n'en font rien à cause de la phase collective

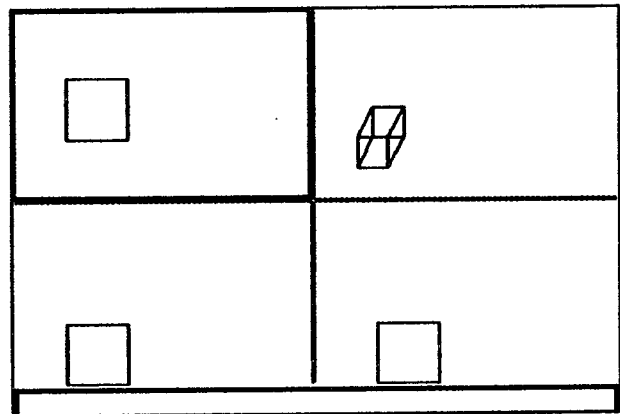
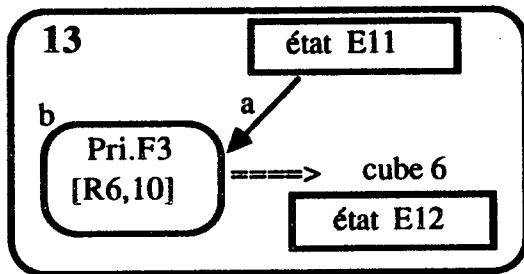
(Eric, Richard) - Ass2 - 5



Phase collective

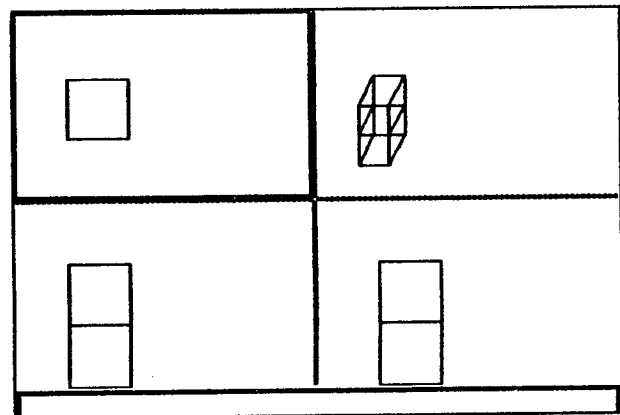
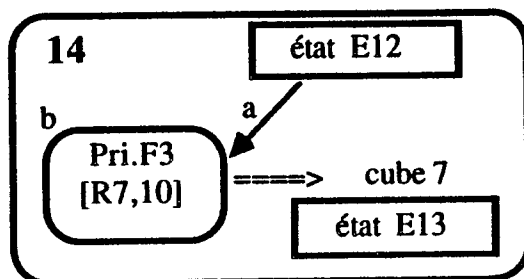


Etat E11



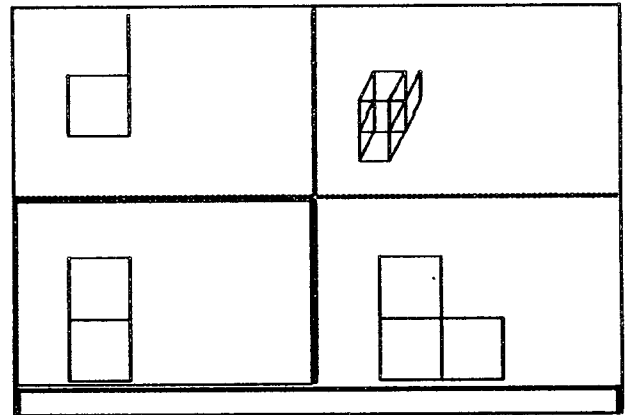
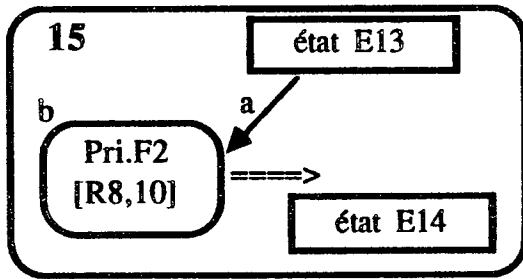
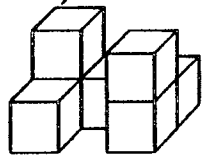
Etat E12

(soit R7 le dessus, R8 le côté droit et R'8 la face du cube 6)



Etat E13

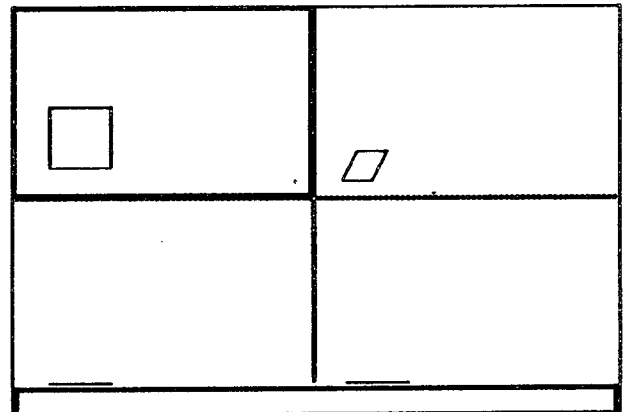
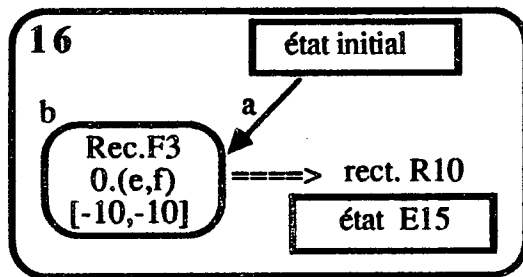
(Eric, Richard) - Ass2 - 6



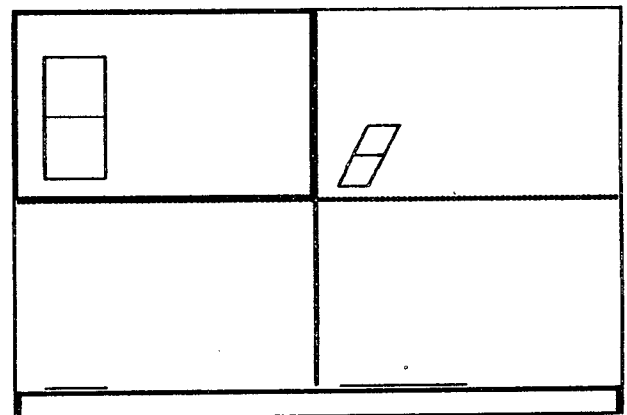
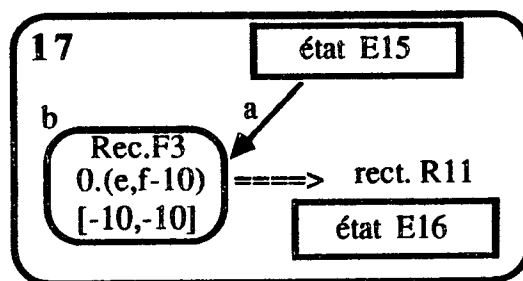
Etat E14

Puis reprise de la même procédure (15), en l'appliquant sur R'8, face du cube6. Le résultat graphique est inchangé, car le cube ainsi construit est superposé au cube 6.

Discussion pour comprendre la raison de ce résultat, ils n'arrivent pas à la dégager, mais Eric propose de "changer de face".

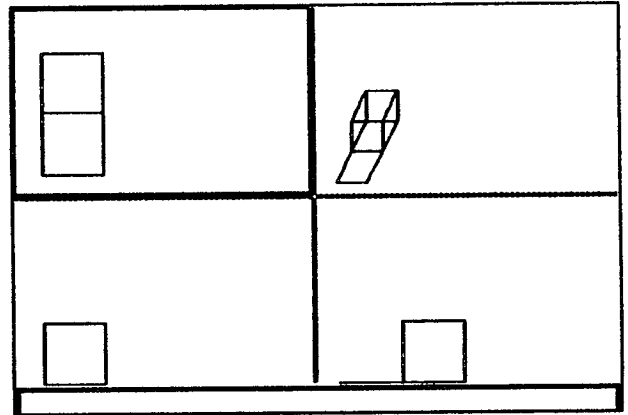
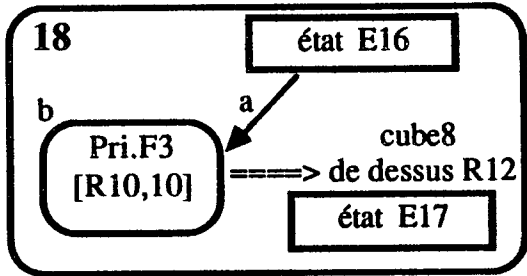
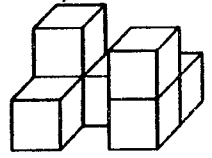


Etat E15

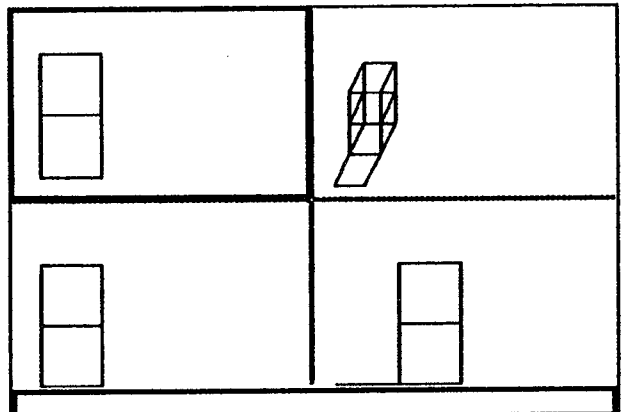
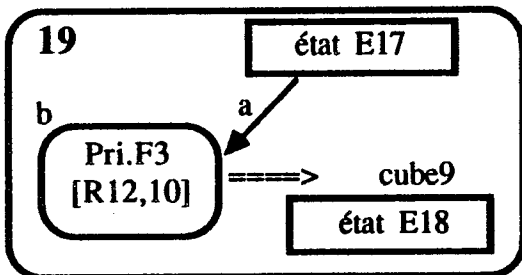


Etat E16

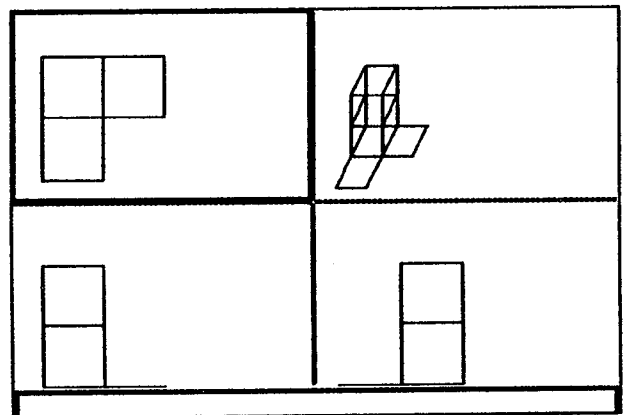
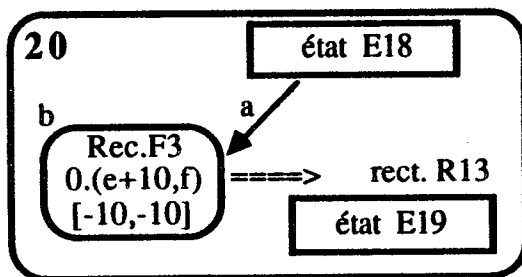
(Eric, Richard) - Ass2 - 7



Etat E17

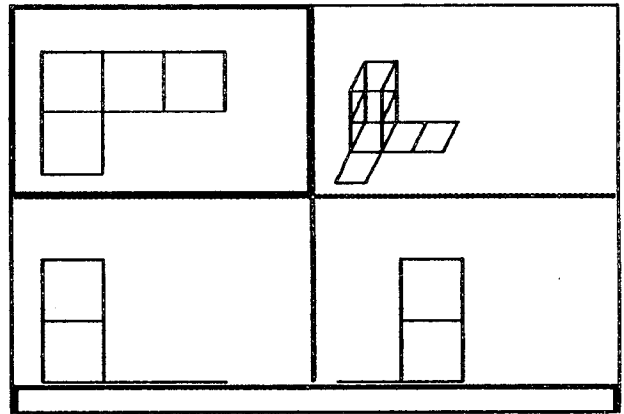
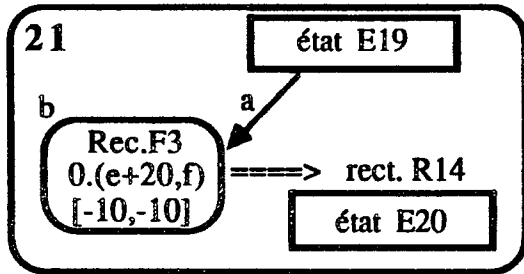
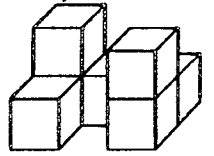


Etat E18

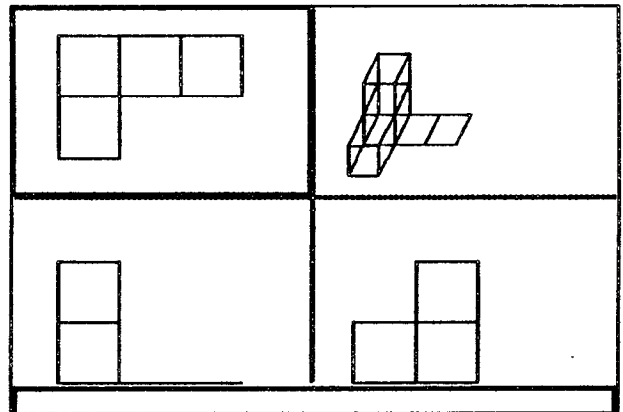
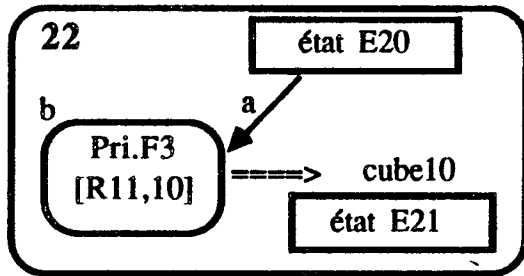


Etat E19

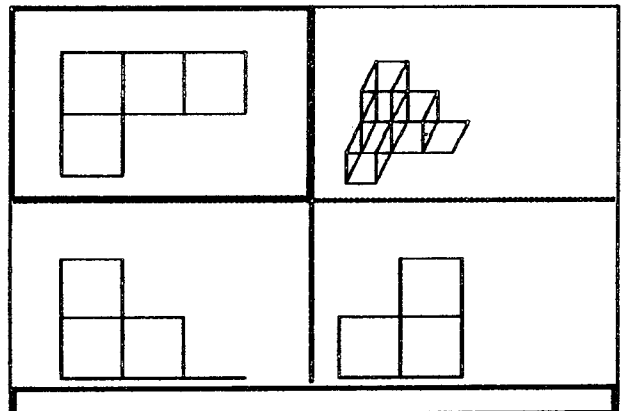
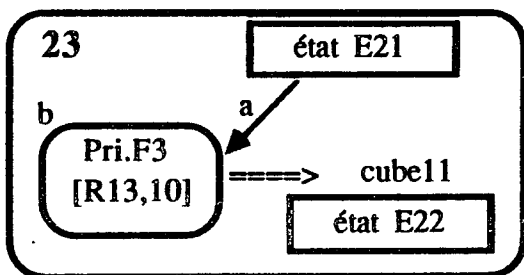
(Eric, Richard) - Ass2 - 8



Etat E20



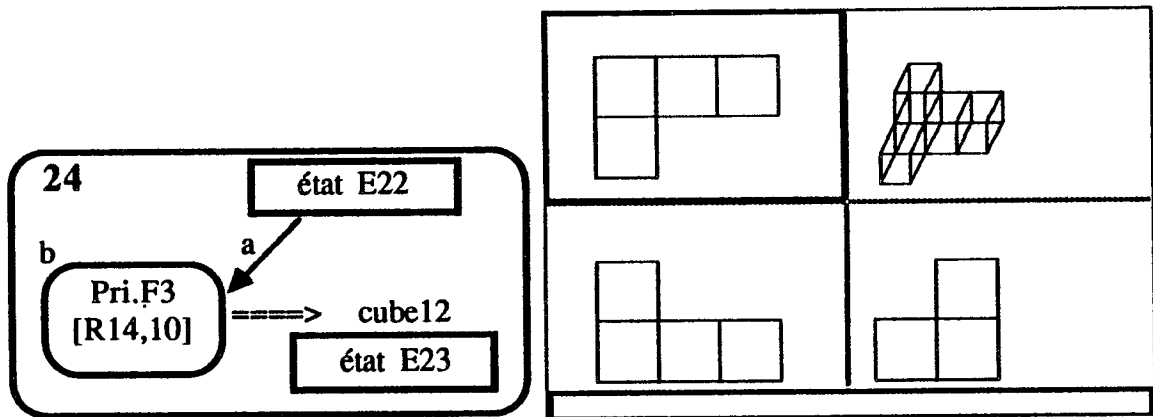
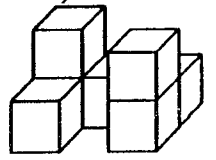
Etat E21



Etat E22

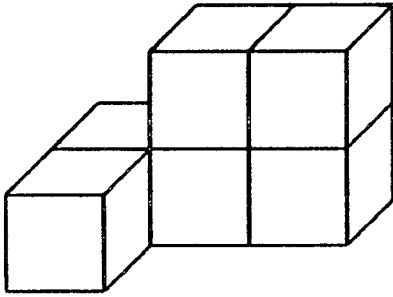


(Eric, Richard) - Ass2 - 9

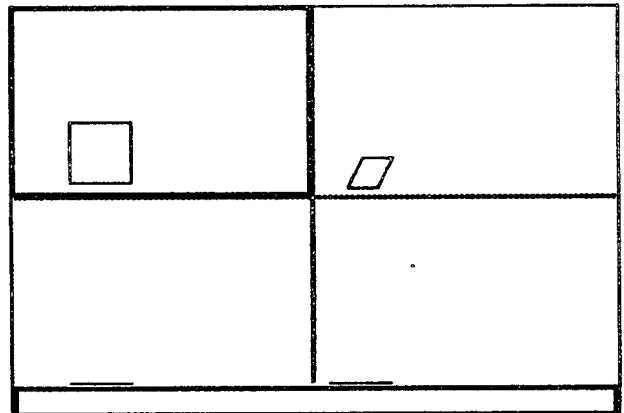
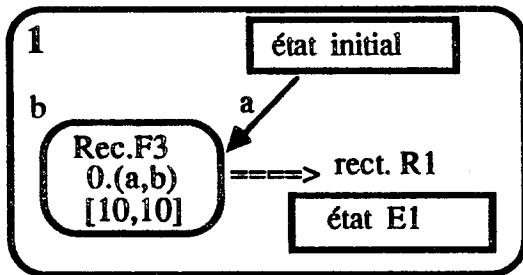


Etat E23

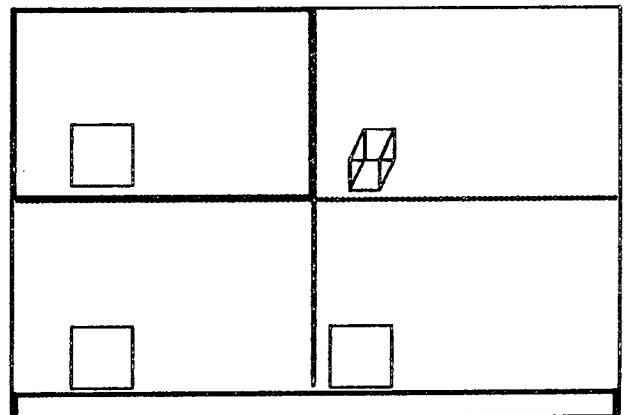
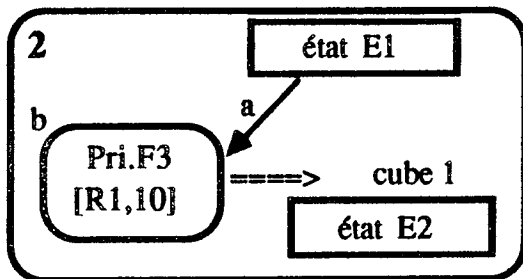
**Assemblage à construire :**



1	2	2
1		

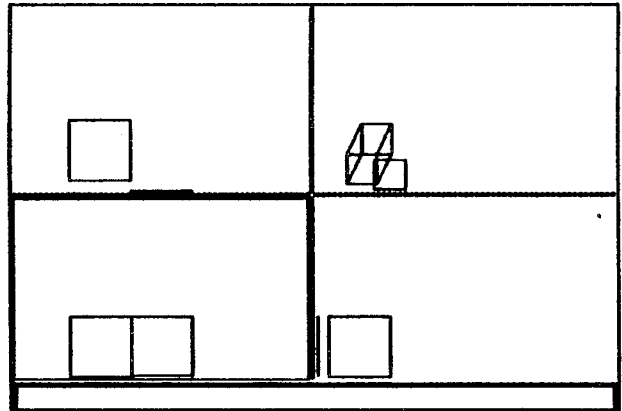
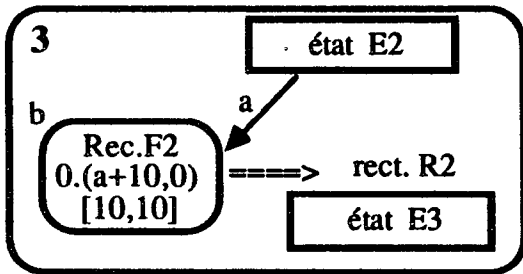
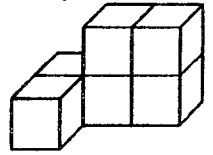


Etat E1



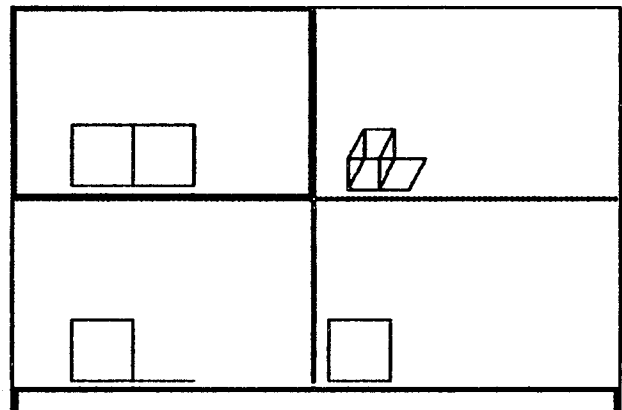
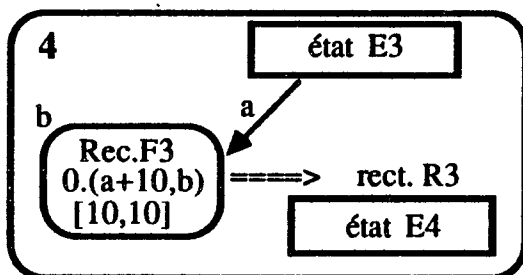
Etat E2

(Olivier, Stéphane) - Ass2 - 2

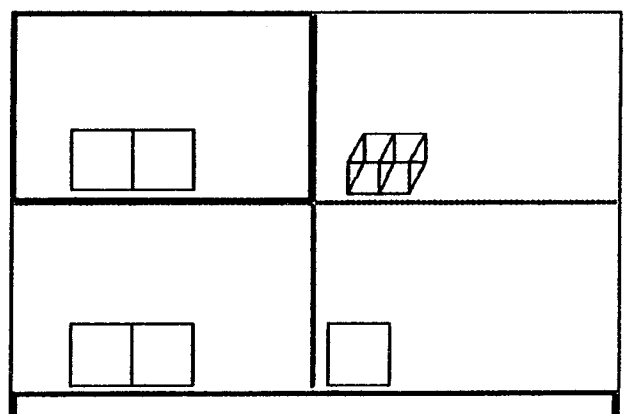
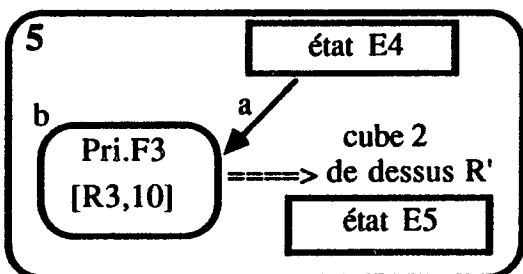


Etat E3

Ils essayent de trouver la raison de ce décalage; "c'est peut-être parce qu'on a changé de face "

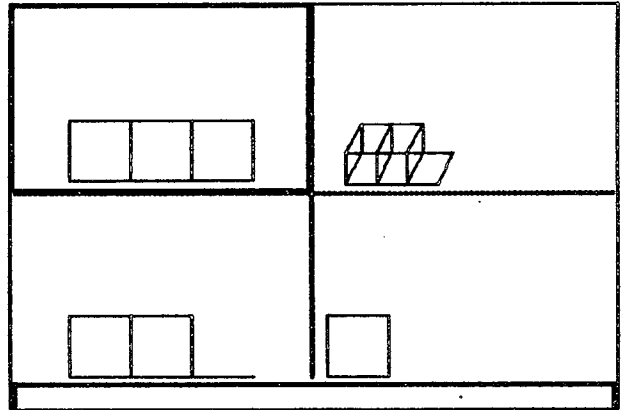
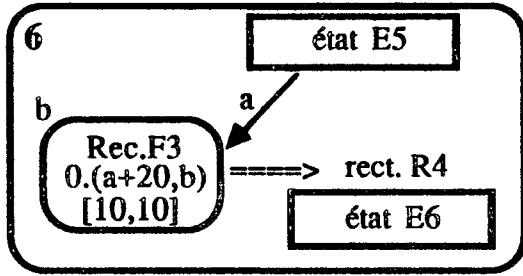
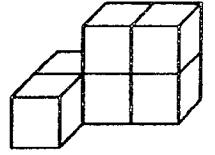


Etat E4

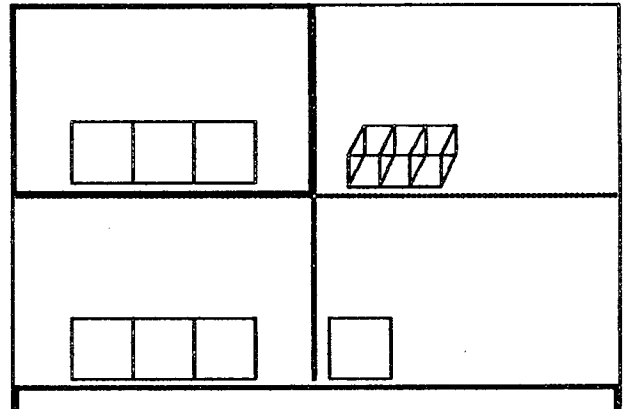
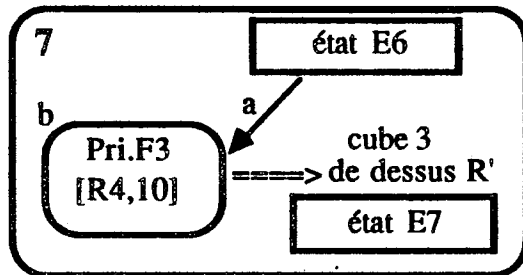


Etat E5

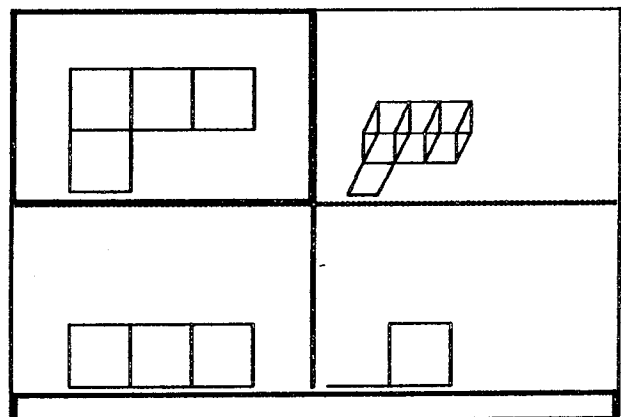
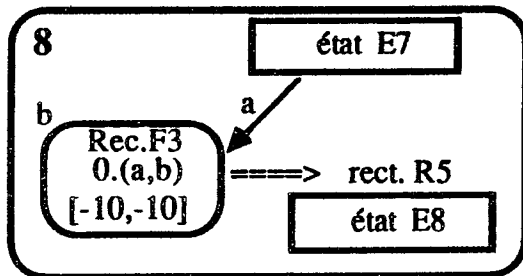
(Olivier, Stéphane) - Ass2 - 3



Etat E6

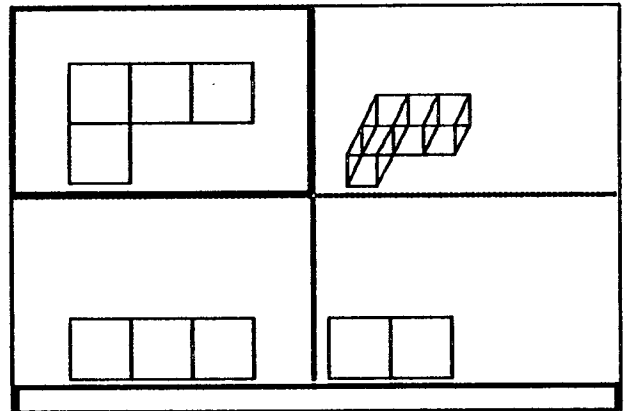
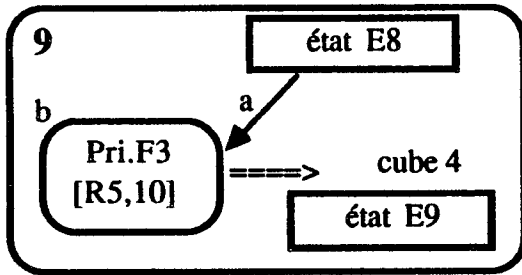
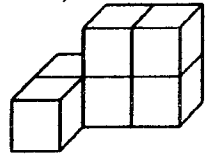


Etat E7



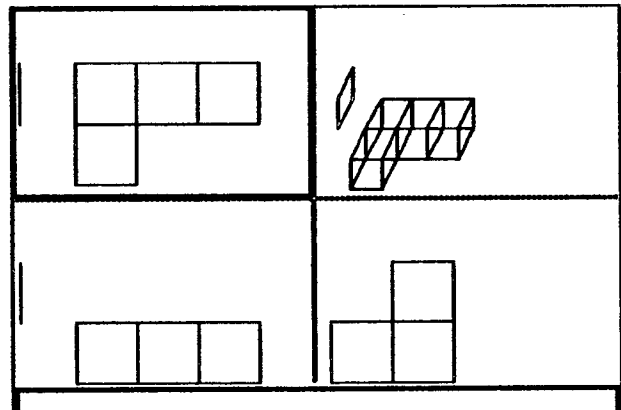
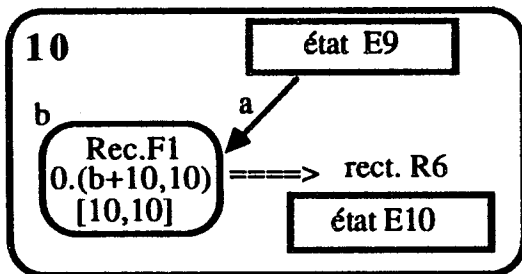
Etat E8

(Olivier, Stéphane) - Ass2 - 4



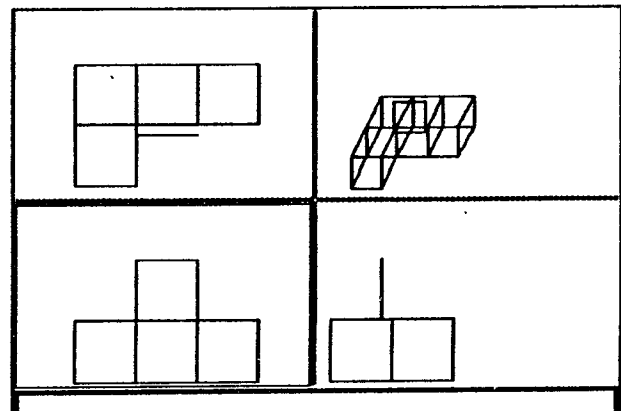
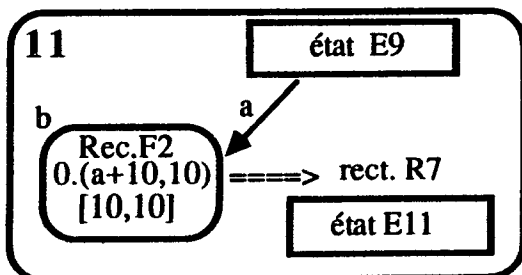
Etat E9

Le problème des étages se pose à nouveau, d'une manière cruciale.



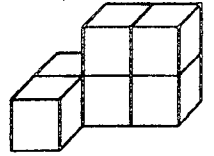
Etat E10

Ils déduisent que ni la vue de face ni la vue de côté ne sont adaptées. Encore un essai :

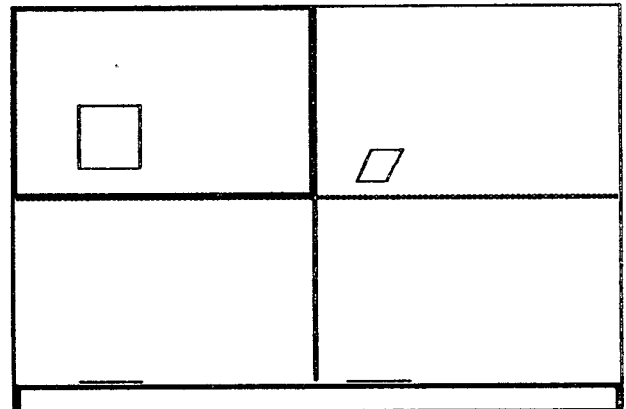
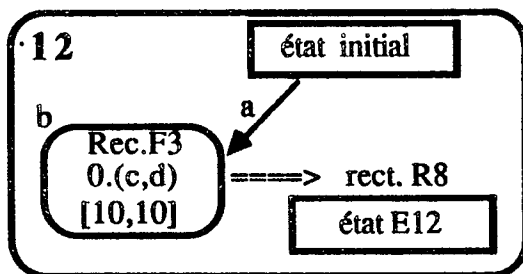


Etat E11

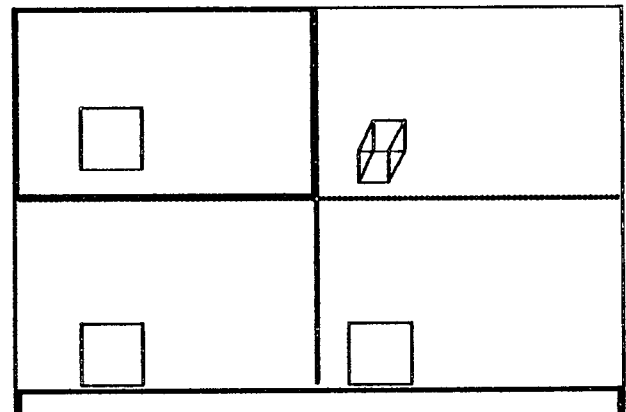
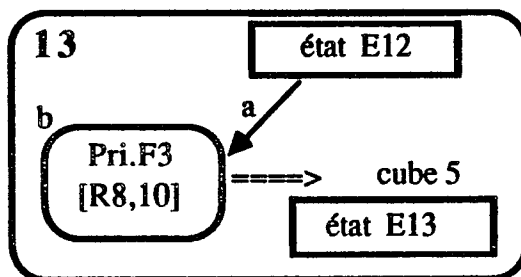
(Olivier, Stéphane) - Ass2 - 5



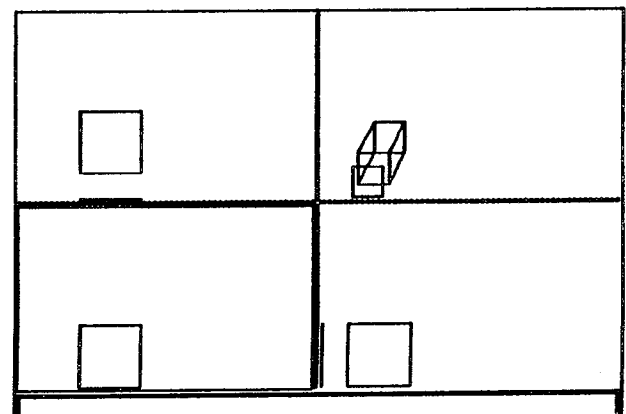
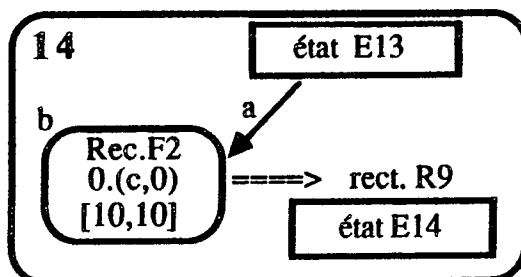
Ils décident de recommencer, en faisant attention à l'ordre des cubes construits : "dès qu'on a fini une face, on construit celle de dessus".



Etat E12

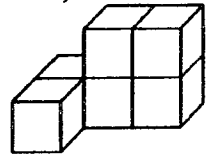


Etat E13



Etat E14

(Olivier, Stéphane) - Ass2 - 6



Discussion autour de la signification de z; essais dans les différentes fenêtres, et déduction que "z, c'est la hauteur".

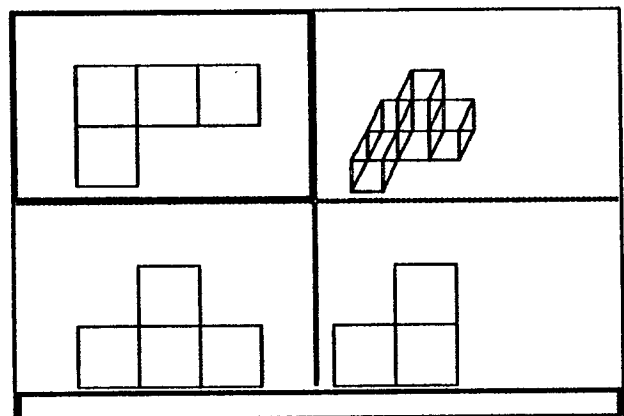
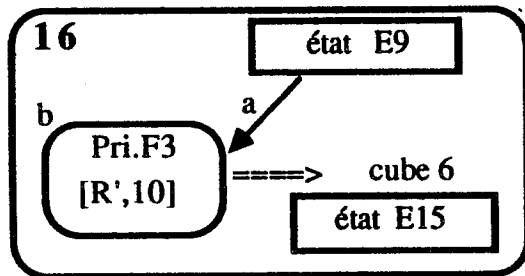
Retour à l'état E9

Regret de ne pas pouvoir travailler dans la fenêtre 3D, car "on doit réussir de travailler sur x, y et z à la fois"

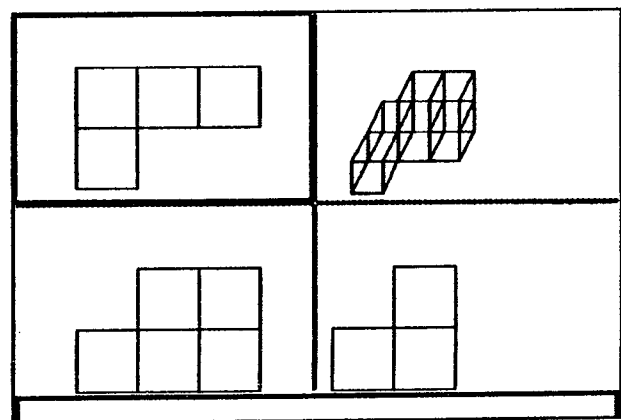
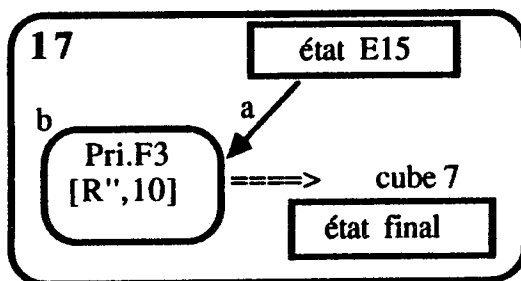


Essais divers, avec les icônes : et d'autres.

**Phase collective**



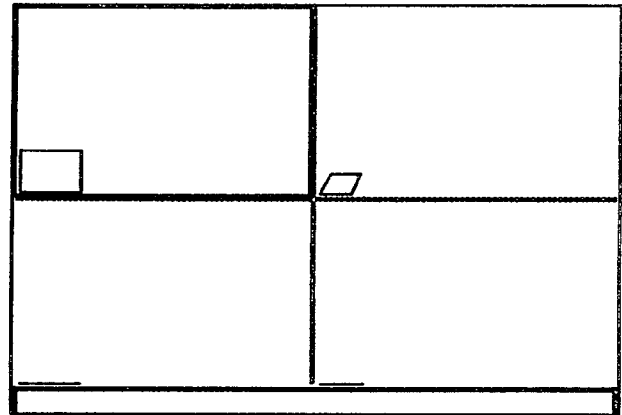
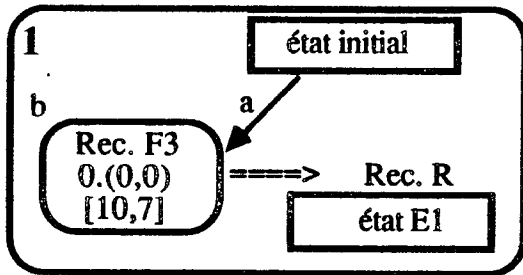
Etat E15



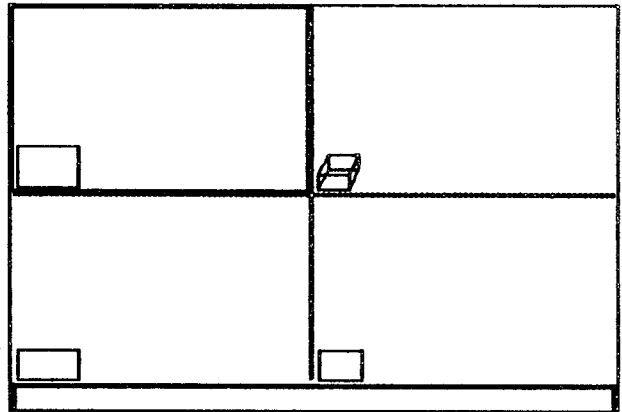
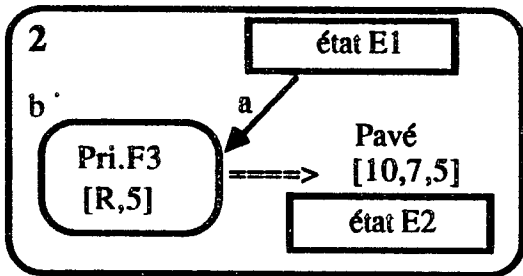
Etat final

# Activité "Escalier 1"

(David, Rachel) - escl - 1

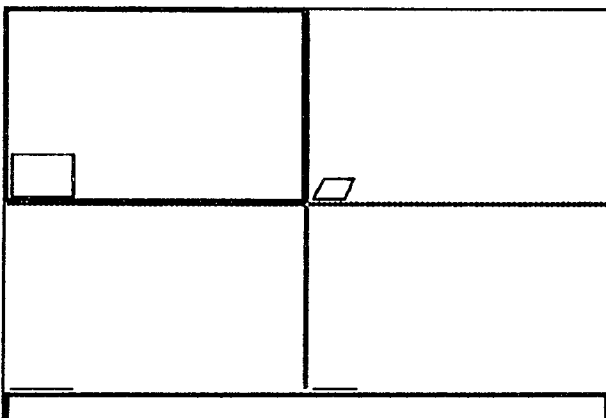


Etat E1



Etat E2

1 ==> 1° marche



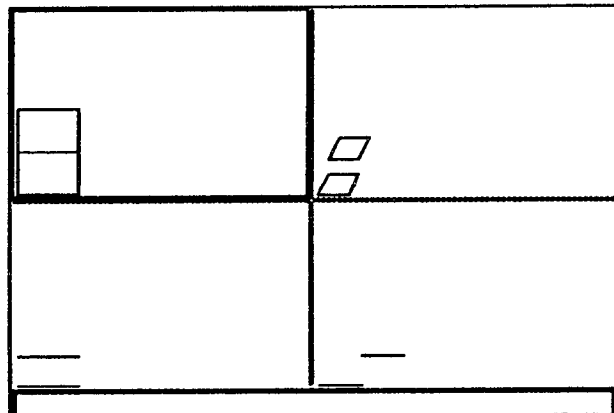
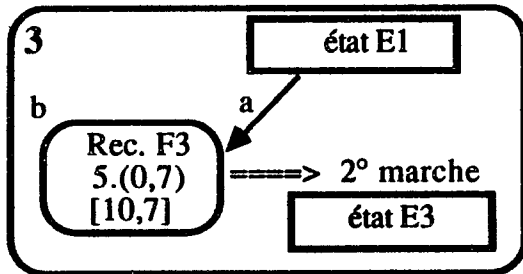
Etat E1 bis

Recherche pour résoudre le "problème des niveaux"..... sélection de plusieurs options de menus.

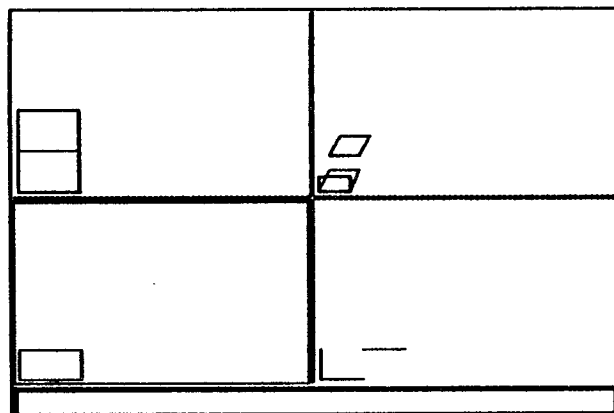
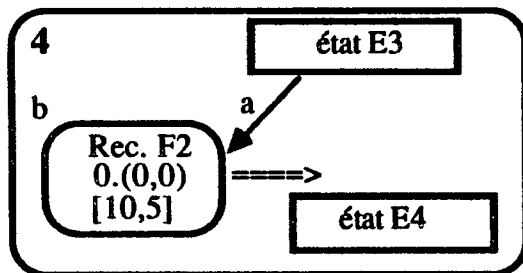


(David, Rachel) - escl - 2

## Phase collective

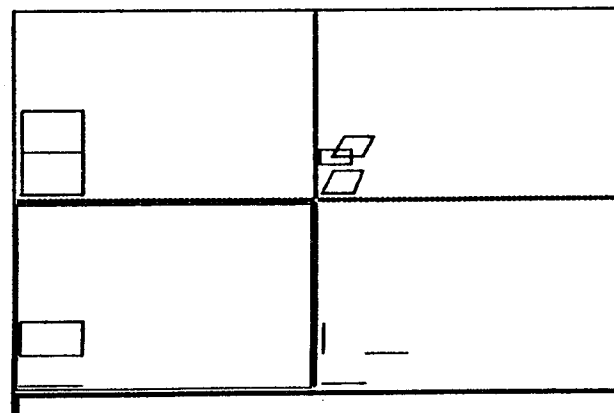
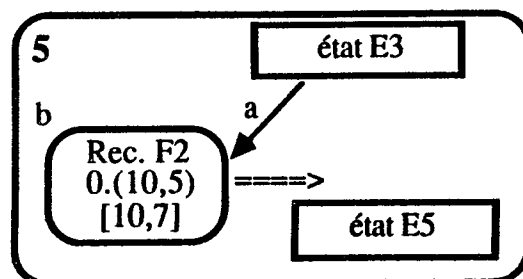


Etat E3



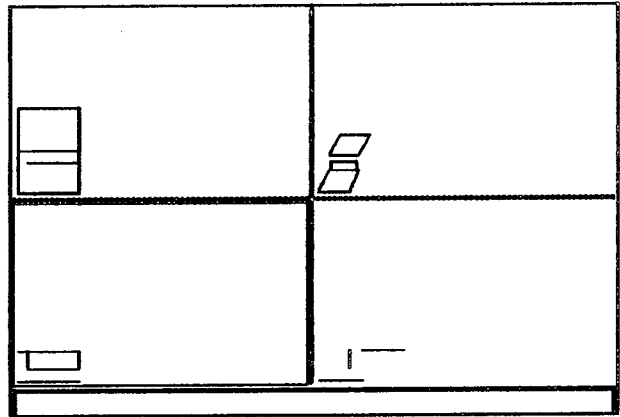
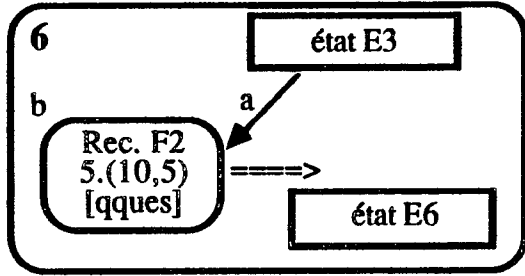
Etat E4

Quelques essais, en essayant de partir, à chaque fois, d'une des quatre extrémités des deux segments de la vue de face; de même, pour chaque essai à partir d'un des points, ils essaient plusieurs orientations possibles du sens de construction (les combinaisons entre les orientations : {verticale ascendante, verticale descendante} et {horizontale vers la gauche, horizontale vers la droite} ).

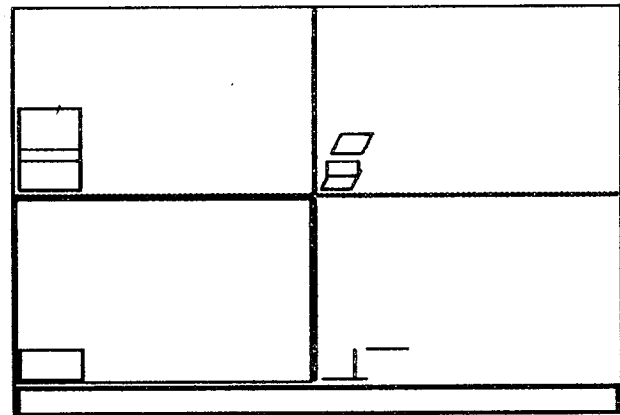
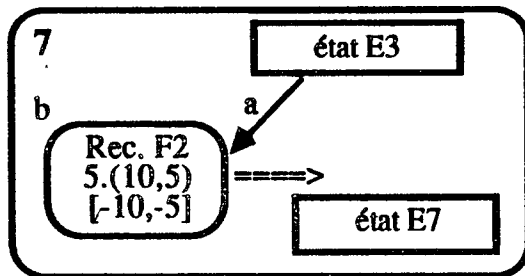


Etat E5

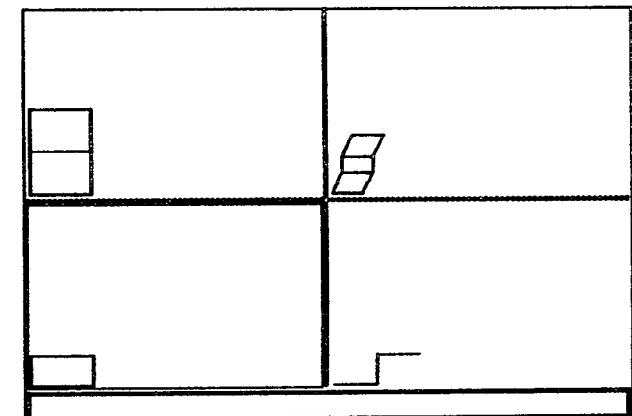
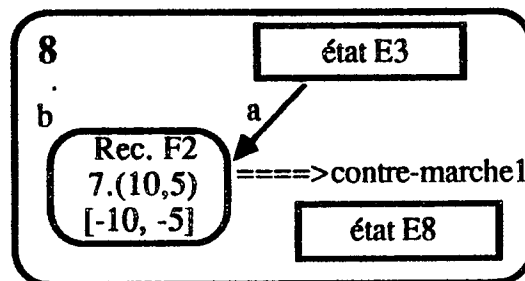
(David, Rachel) - escl - 3



Etat E6



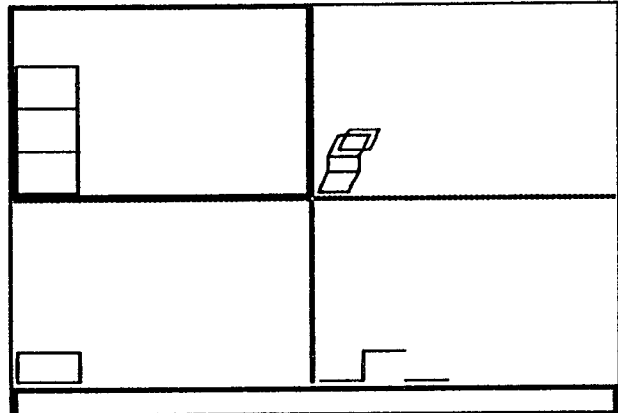
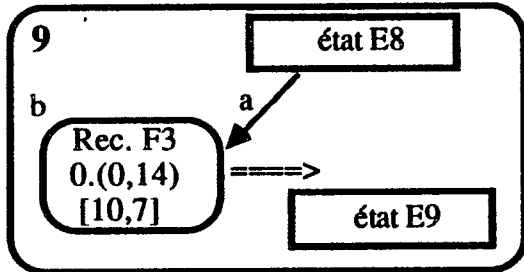
Etat E7



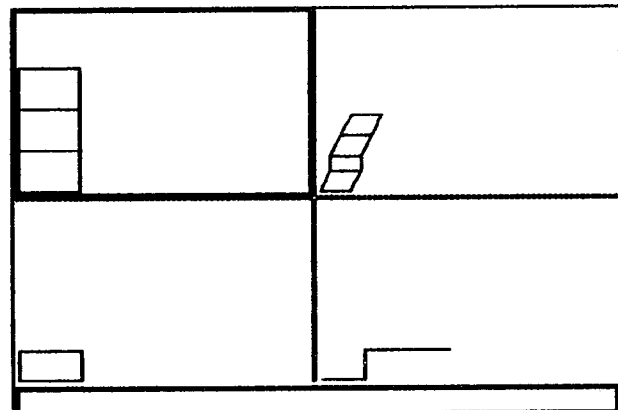
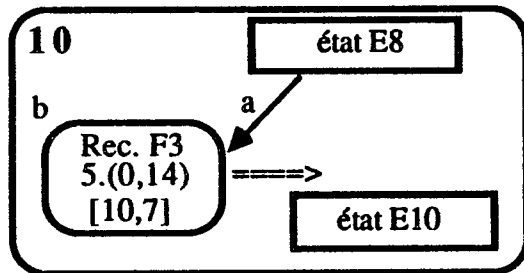
Etat E8

Pour dessiner la troisième marche, vue de dessus, omission de régler la valeur de la "3° coordonnée"

(David, Rachel) - escl - 4

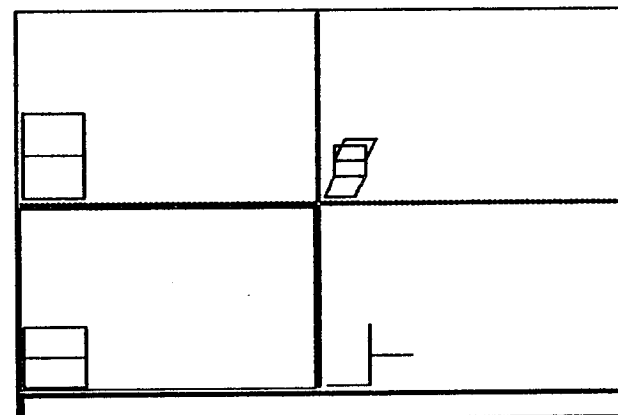
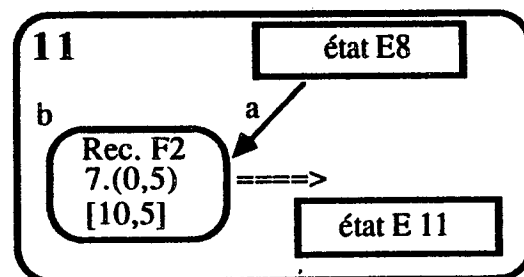


Etat E9



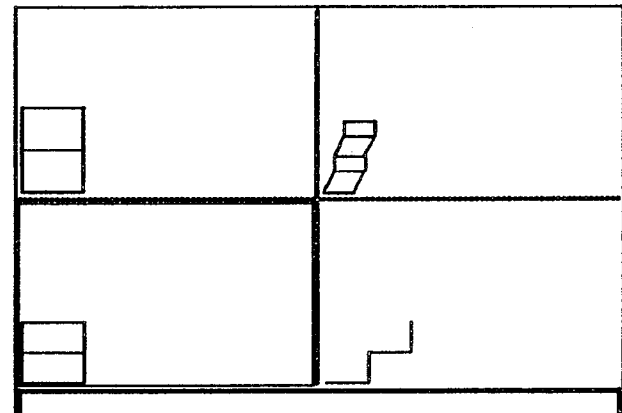
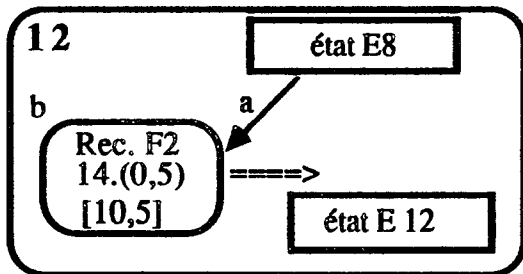
Etat E10

Encore changement de fenêtre avec l'intention de dessiner la deuxième contre-marche



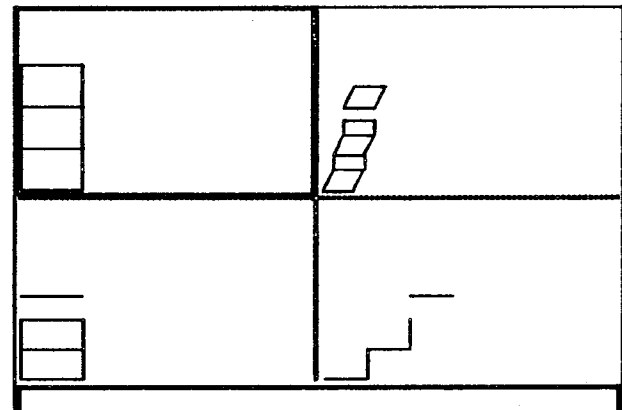
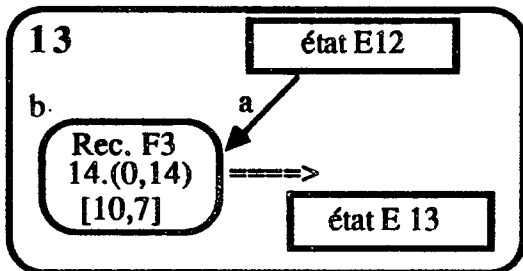
Etat E11

(David, Rachel) - escl - 5



Etat E12

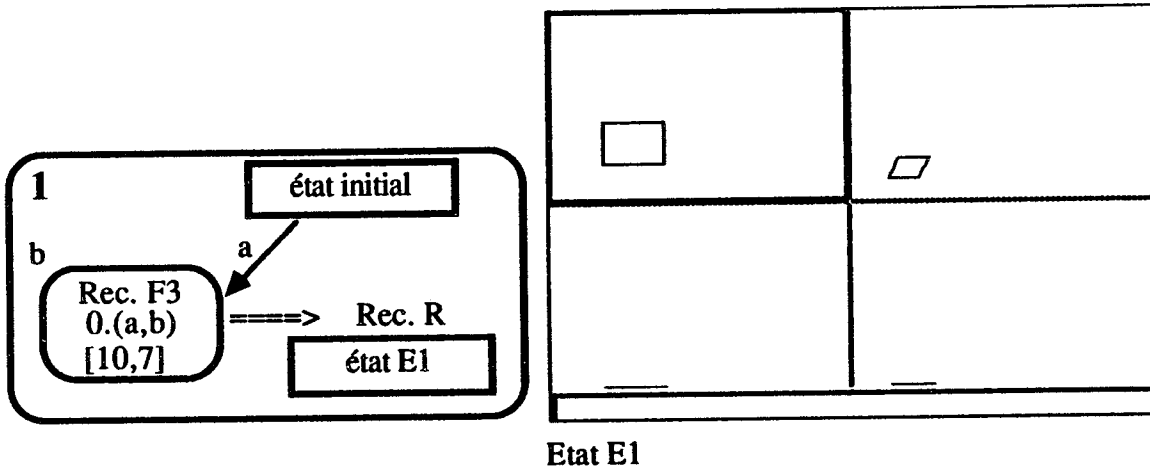
Ils passent à la vue de dessus. Débat autour de la valeur à affecter à la 3<sup>o</sup> coordonnée.



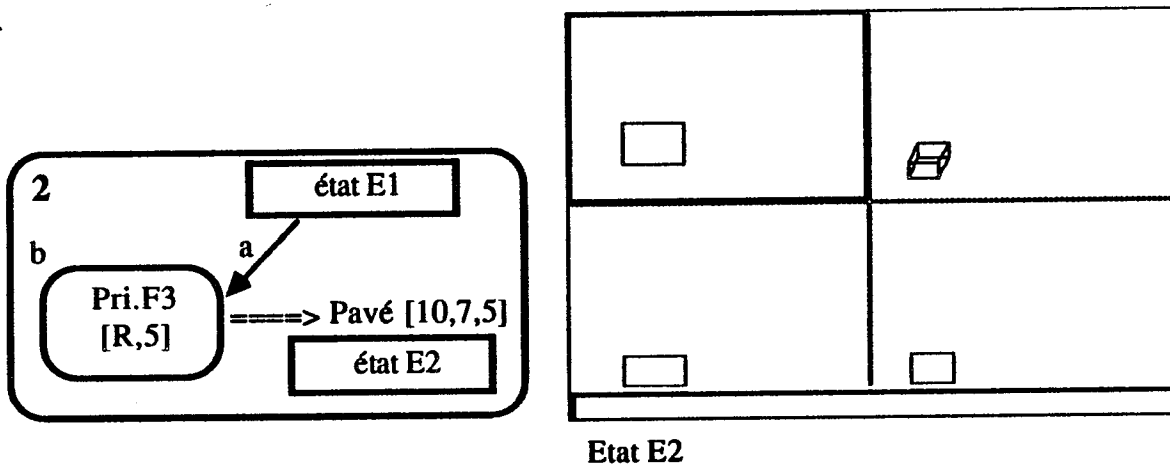
Etat E13

Fin du temps consacré à la séance. Interprétation du résultat, et décision pour la suite.

(Eric, Serge) - escl - 1



Avec l'intention de communiquer à la machine la valeur de la hauteur :

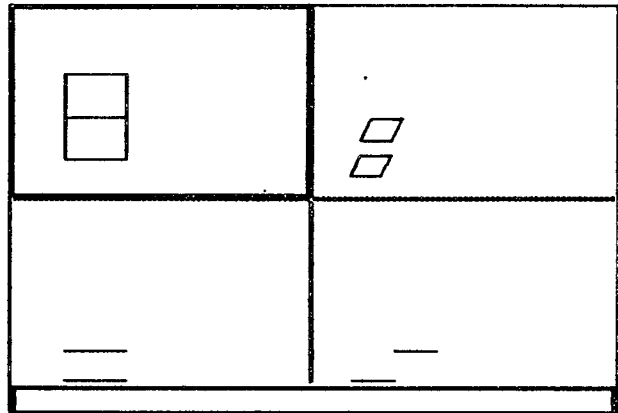
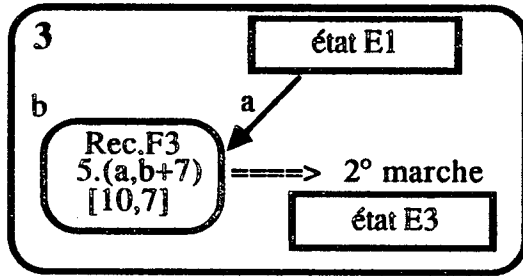


Conscients qu' "on n'a pas besoin d'un cube ", ils retournent à l'état E1 et décident de passer à la fenêtre de la vue de face... leur sous-but est d'accéder au deuxième niveau de traitement horizontal.

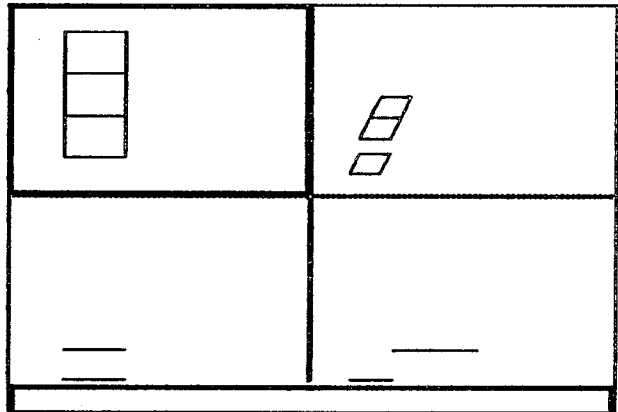
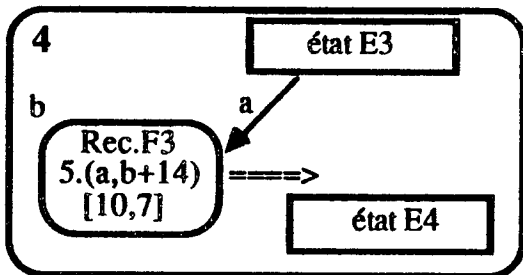
Essais en sélectionnant différentes options dans les menus.

(Eric, Serge) - escl - 2

Phase collective



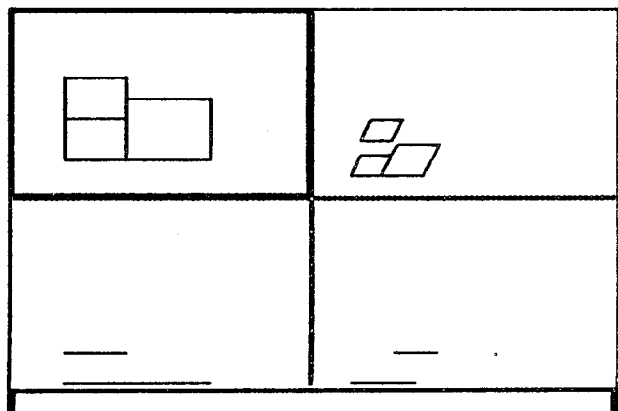
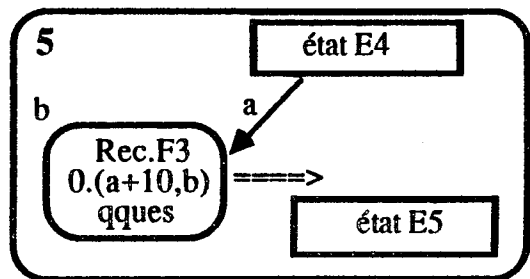
Etat E3



Etat E4

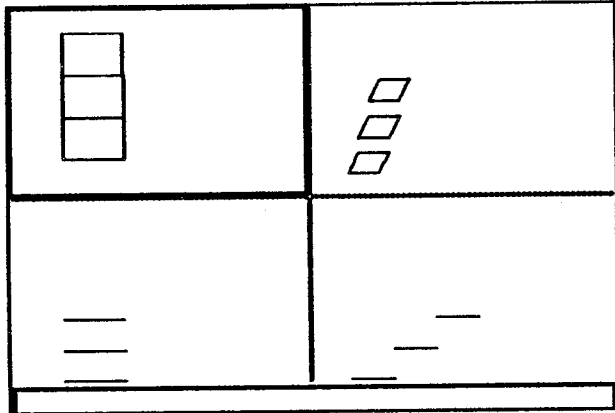
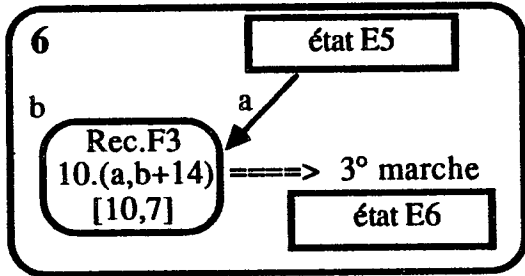
Ils déplacent la fenêtre jusqu'à ce que le coin de la deuxième marche soit au coin de la fenêtre de la vue de dessus, et répètent la même procédure n°4... même résultat, décalé vers le coin de la fenêtre.

Ils font un essai pour savoir à quel niveau de traitement ils se situent

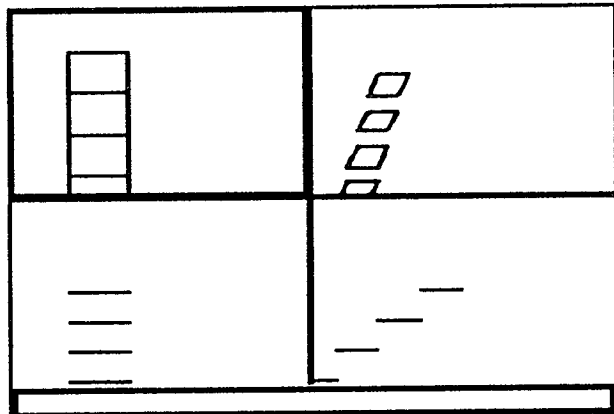
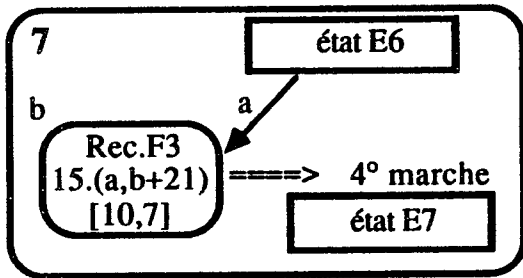


Etat E5

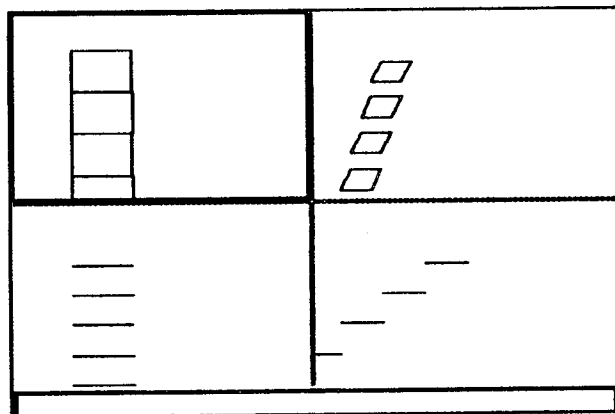
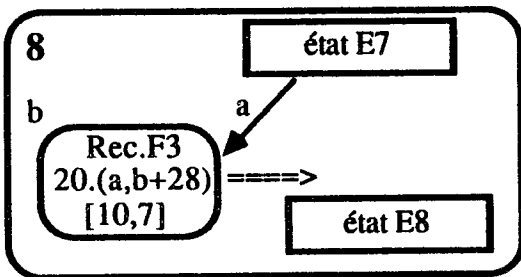
(Eric, Serge) - escl - 3



Etat E6

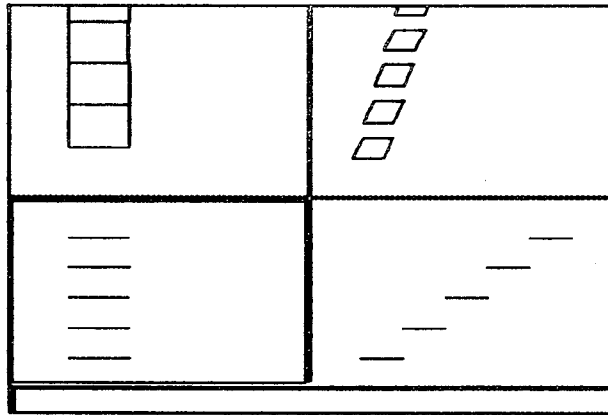


Etat E7



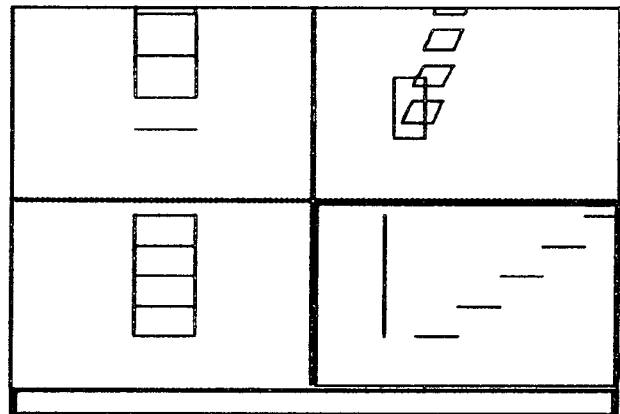
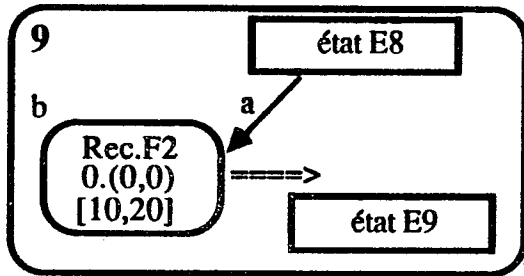
Etat E8

(Eric, Serge) - esc1 - 4

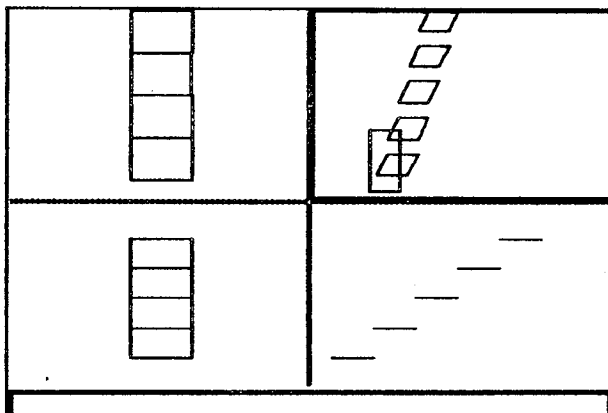


Etat E8 bis

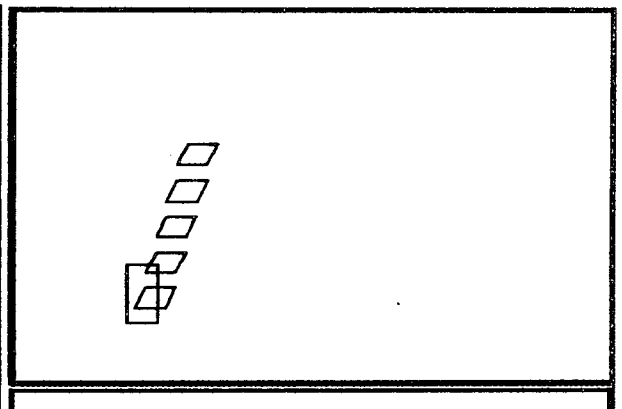
Vue de face, recherche d'un outil "pour faire des traits". Décision de "les dessiner d'un coup"



Etat E9



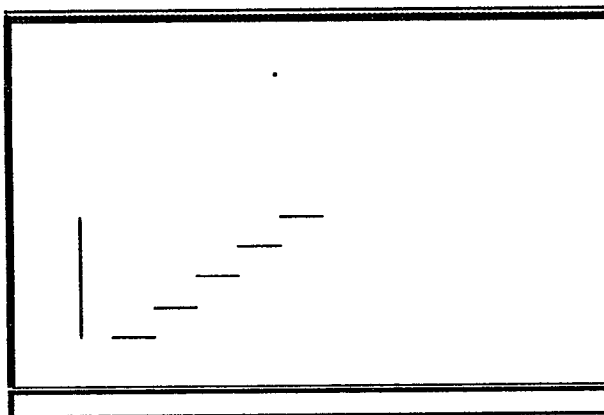
Etat E9 bis



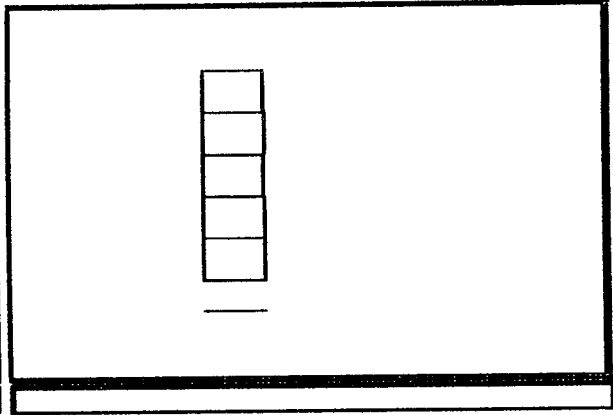
Etat E9 (vue en 3D)



(Eric, Serge) - escl - 5

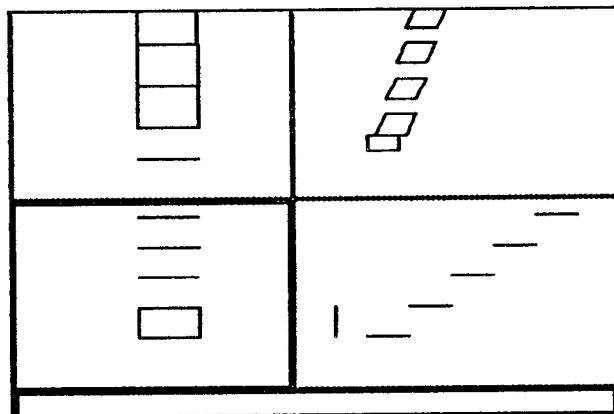
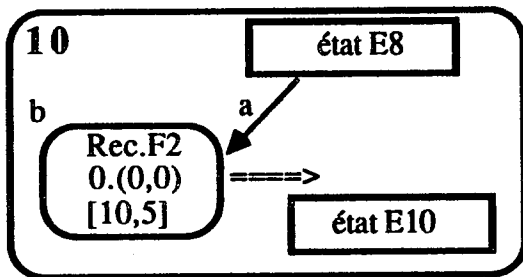


Etat E9 (vue de côté)



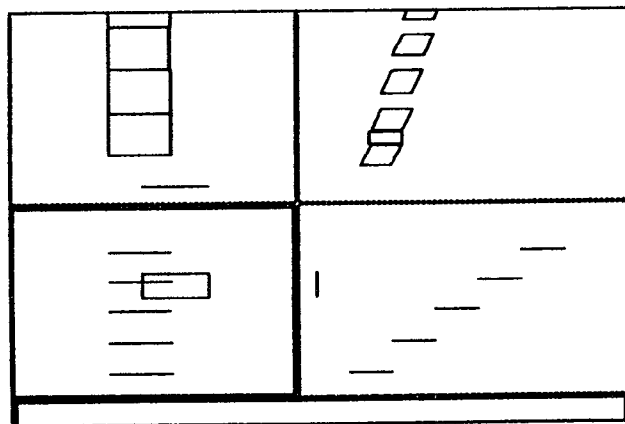
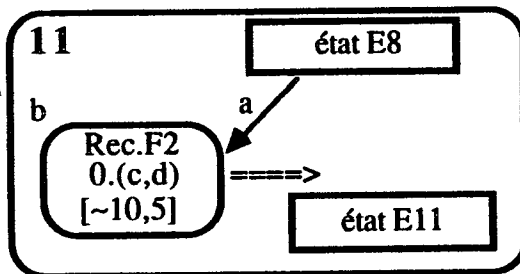
Etat E9 (vue de dessus)

Ils décident de "faire rectangle par rectangle"



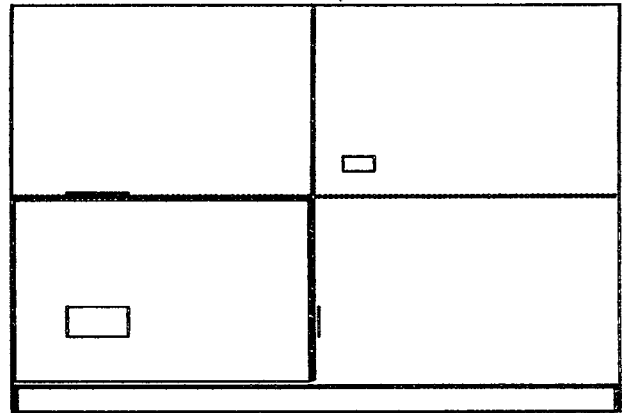
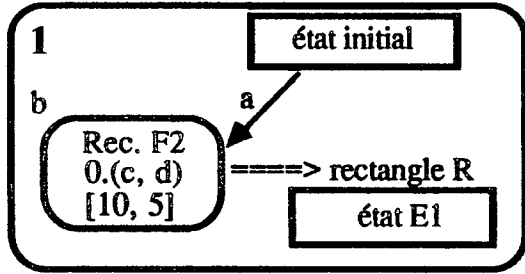
Etat E10

Tâtonnements pour atteindre la position adéquate de la contre-marche dans la fenêtre de la vue en 3D

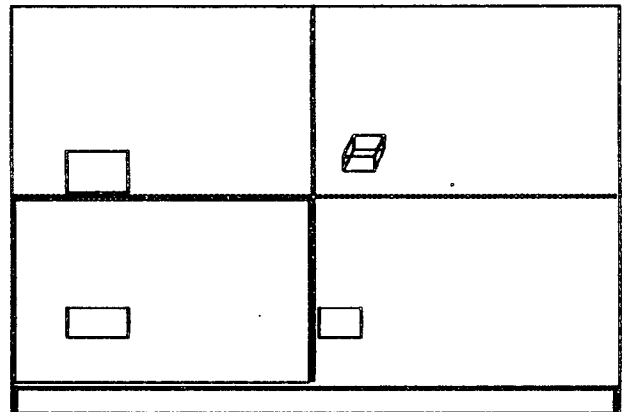
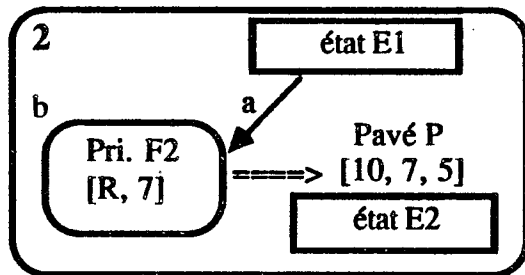


Etat E11

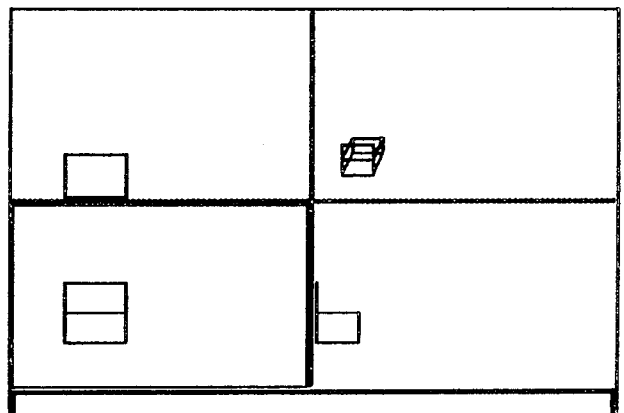
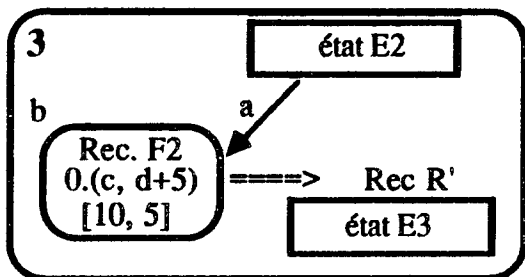
(Olivier, Stéphane) - escl - 1



Etat E1



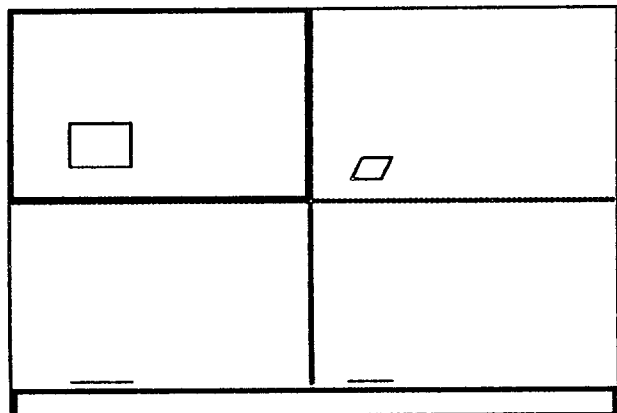
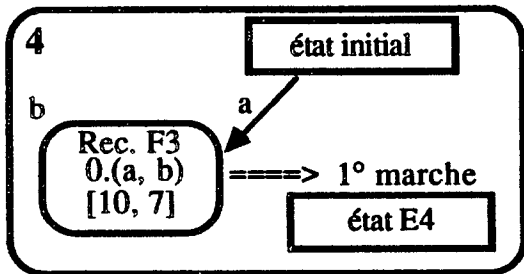
Etat E2



Etat E3

Voulant construire un deuxième pavé pour la 2<sup>o</sup> marche, ils sont confrontés au "problème des niveaux"

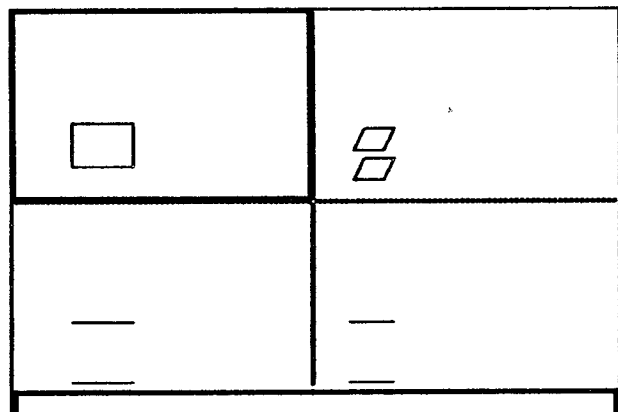
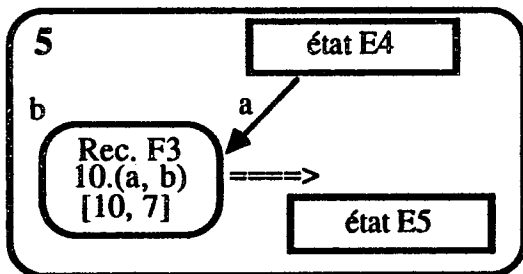
(Olivier, Stéphane) - escl - 2



Etat E4

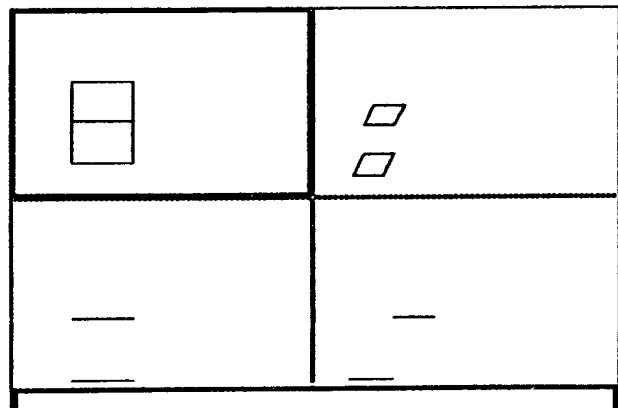
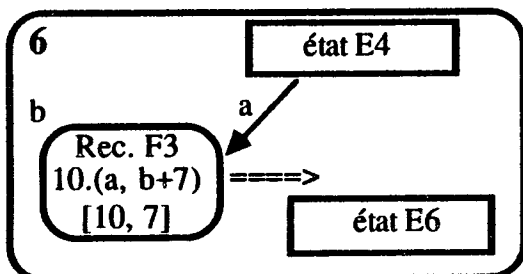
Recherche d'une solution au "problème des niveaux"

**Phase collective**



Etat E5

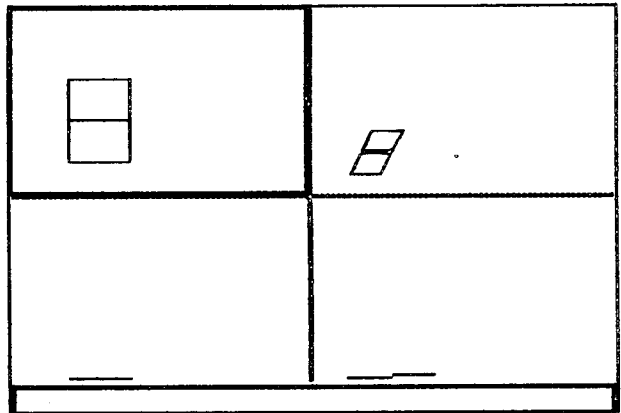
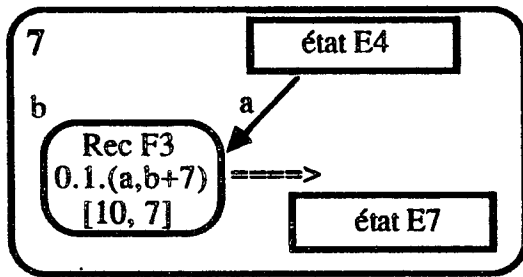
Plusieurs essais : rectangles avec différentes valeurs de la "3° coordonnée".



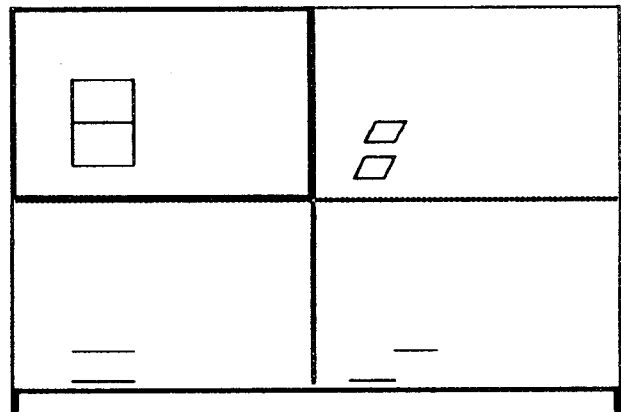
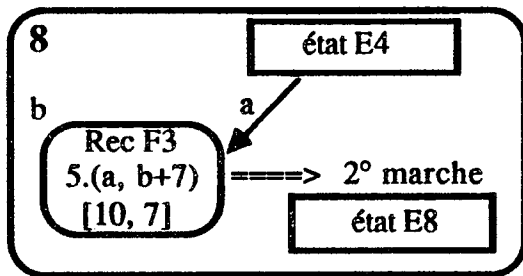
Etat E6

(Olivier, Stéphane) - escl - 3

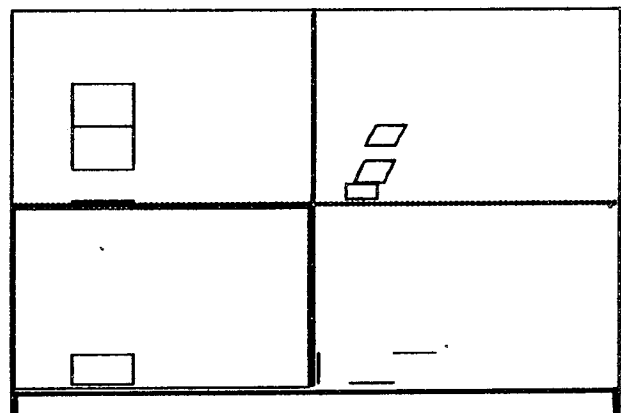
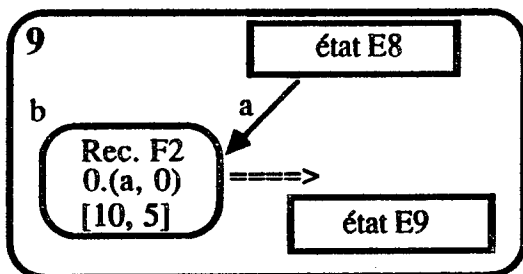
Proposition d'affecter à la "3° coordonnée" la valeur 0. Puisque la machine ne l'accepte pas, proposition de lui affecter la valeur 0.1.



Etat E7



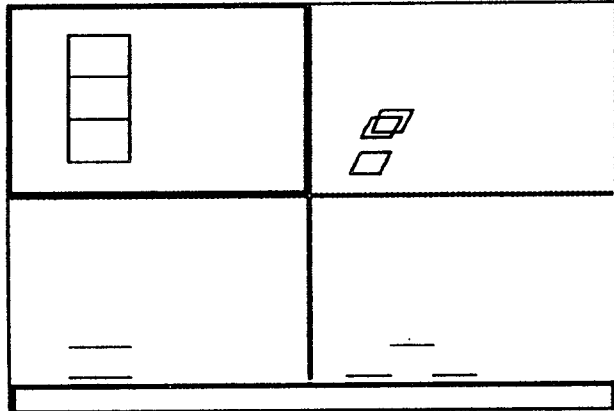
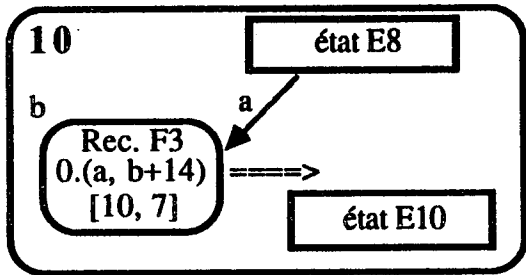
Etat E8



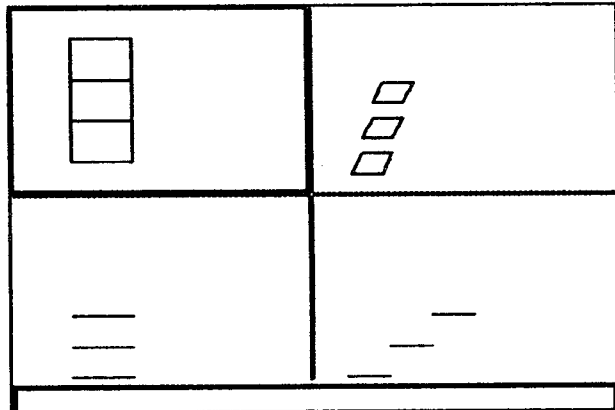
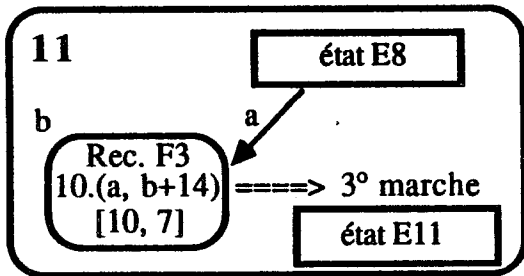
Etat E9

Décision d'achever la construction des marches avant de passer à la construction des contre-marches.

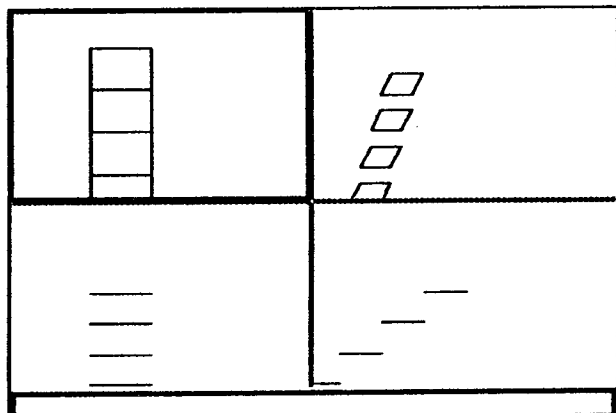
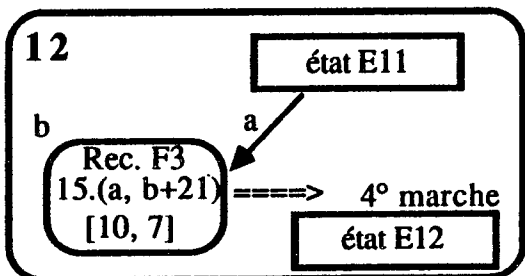
(Olivier, Stéphane) - escl - 4



Etat E10

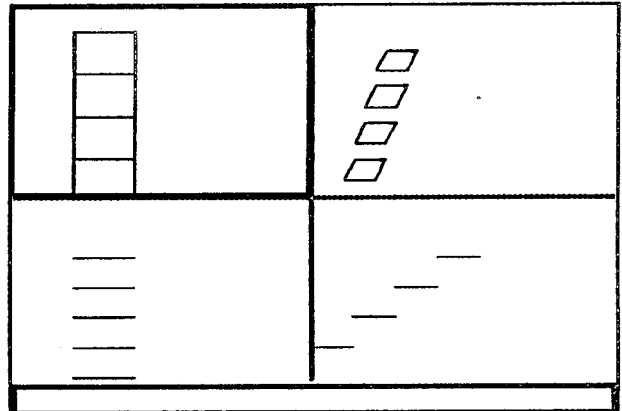
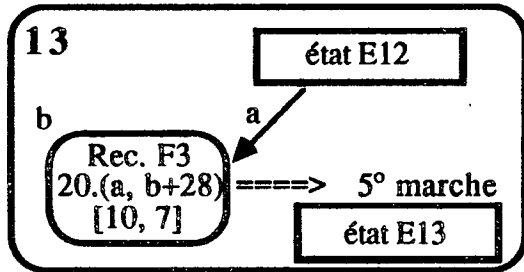


Etat E11

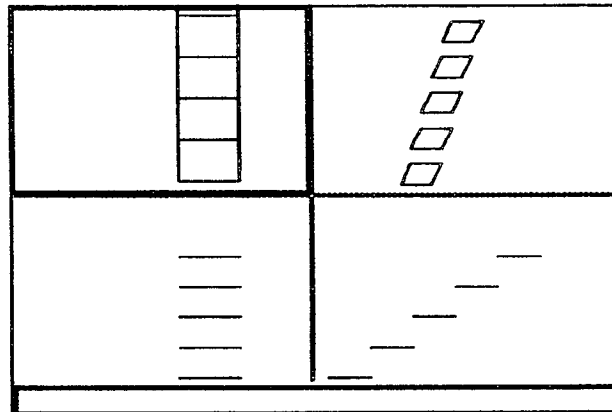


Etat E12

(Olivier, Stéphane) - escl - 5

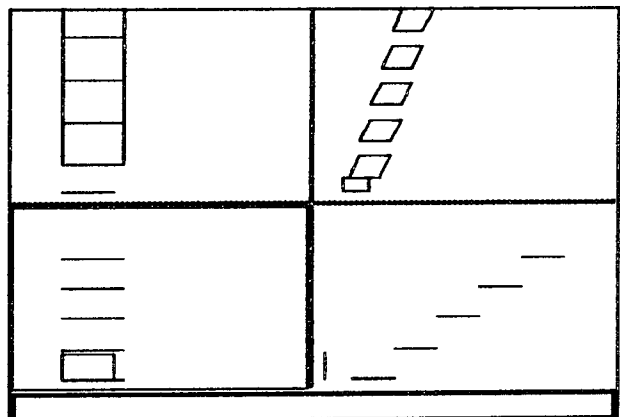
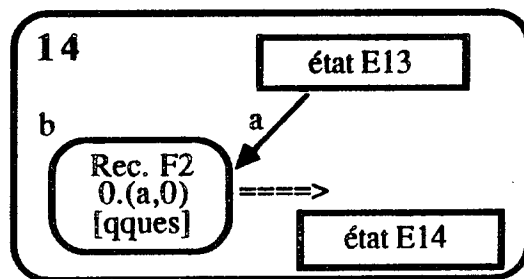


Etat E13



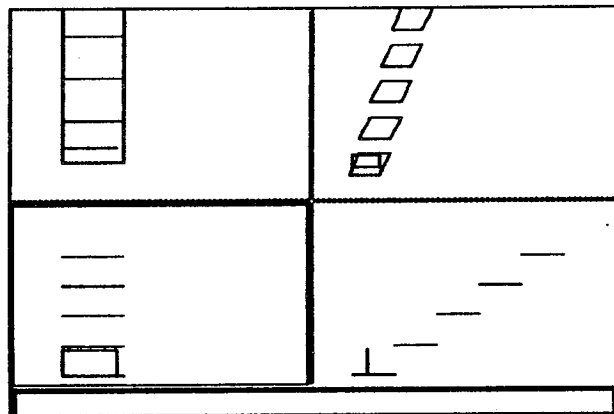
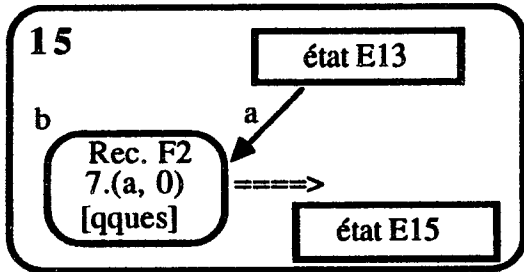
Etat E13 bis

Débat autour de la valeur que doit prendre la 3<sup>e</sup> coordonnée pour la construction de la première contre-marche. Confrontation entre deux propositions : l'un des élèves propose 0, l'autre propose 10 ou 7.

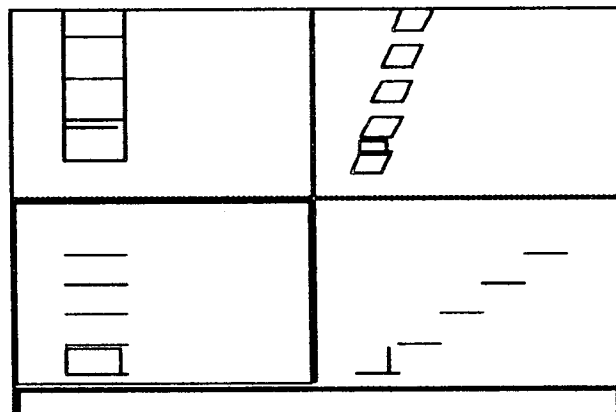
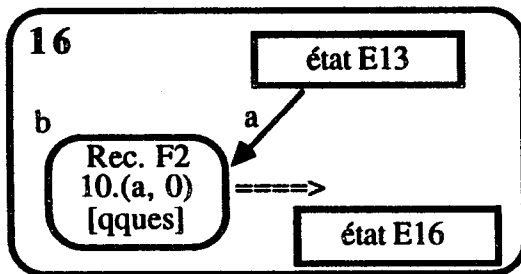


Etat E14

(Olivier, Stéphane) - escl - 6

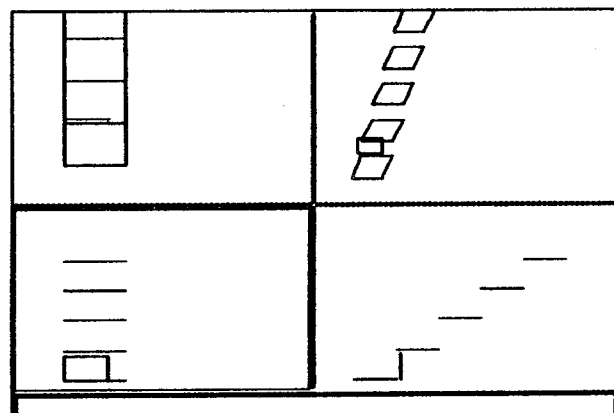
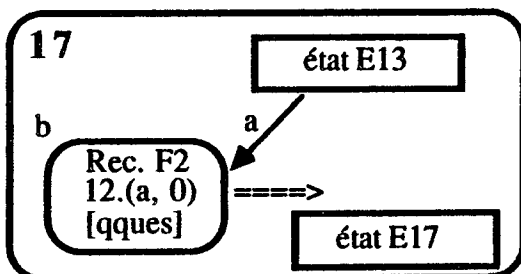


Etat E15



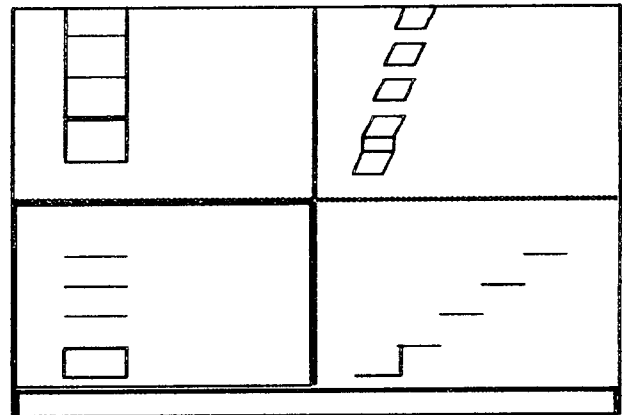
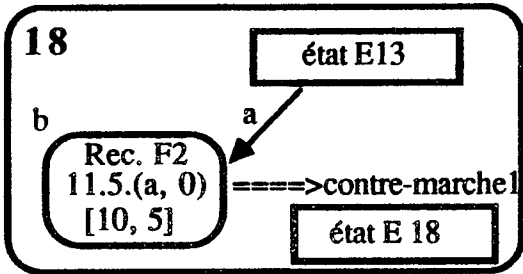
Etat E16

Essais pour approcher la bonne position de la contre-marche



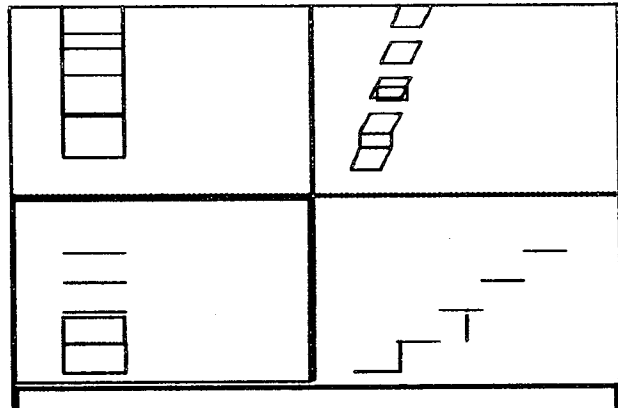
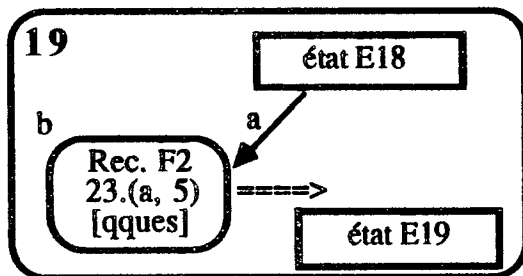
Etat E17

(Olivier, Stéphane) - escl - 7

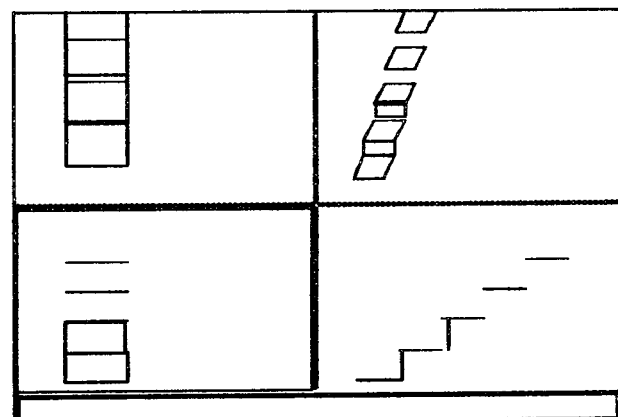
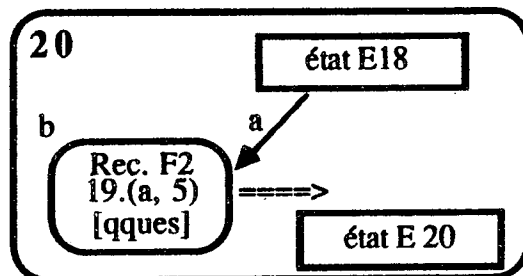


Etat E18

Pour la deuxième contre-marche, ils affectent à la 3<sup>o</sup> coordonnée la valeur 23 (le double de 11.5)



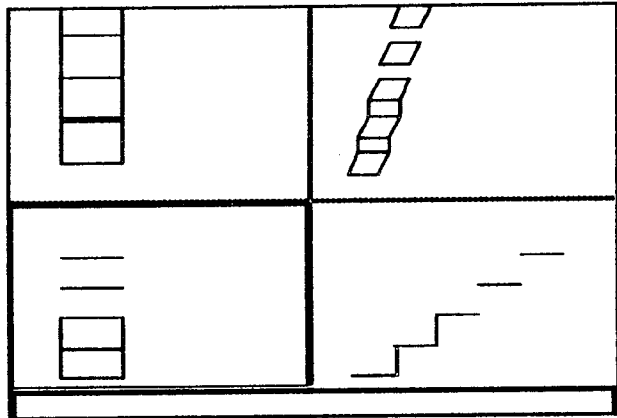
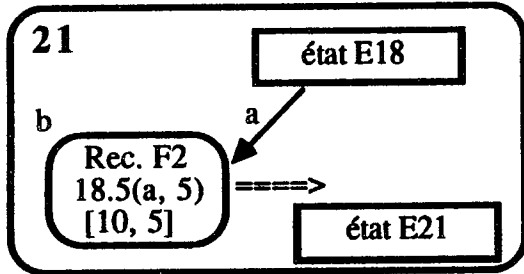
Etat E19



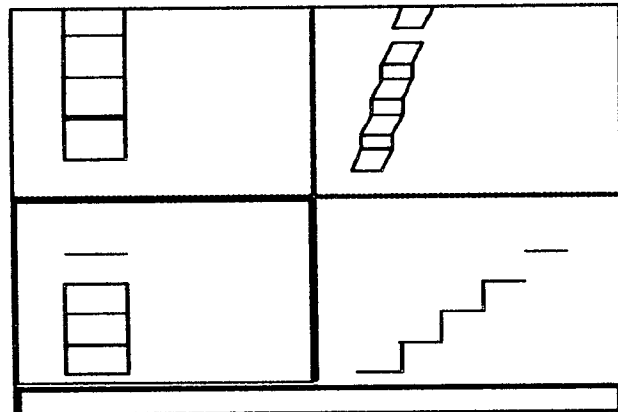
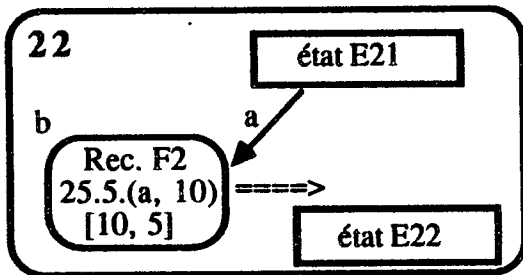
Etat E20



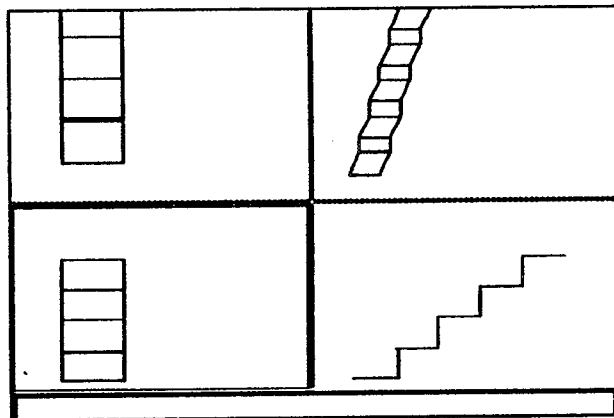
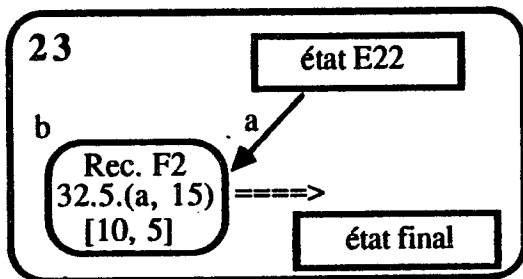
(Olivier, Stéphane) - escl - 8



Etat E21



Etat E22

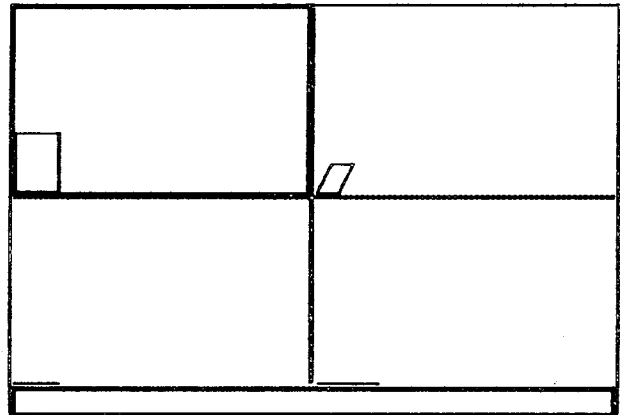
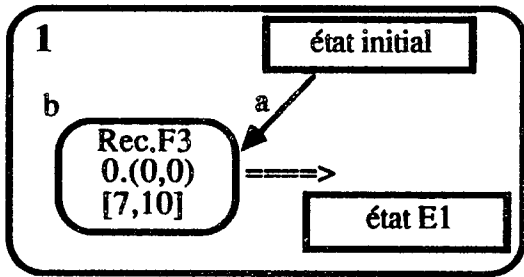


Etat final

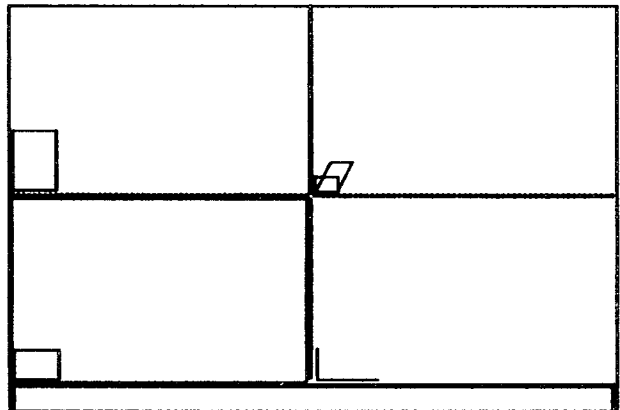
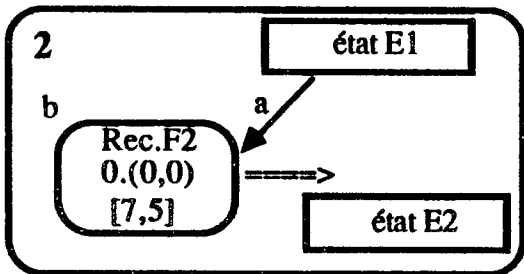
### Activité "Escalier 2"

(David, Rachel) - esc2- 1

Discussion autour du sens d'orientation du rectangle à dessiner

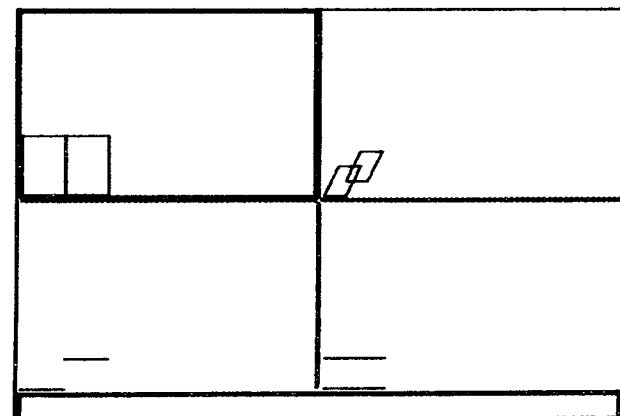
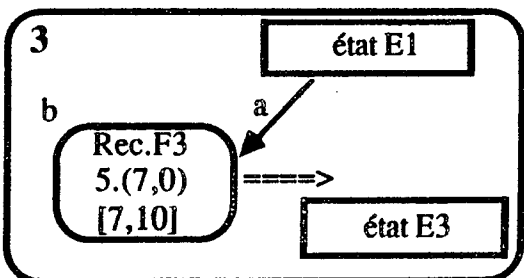


Etat E1



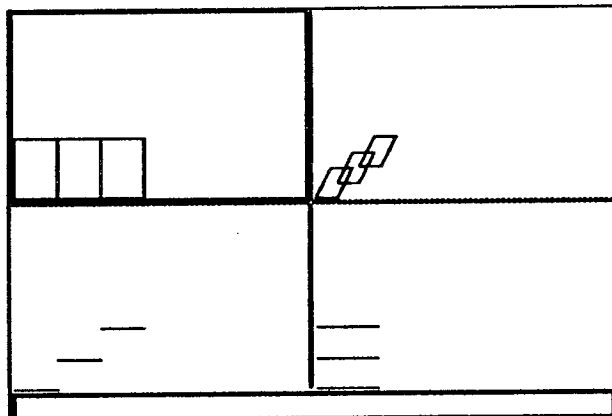
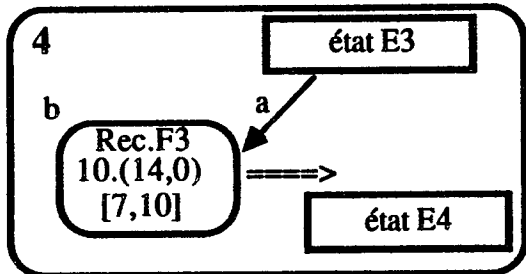
Etat E2

Décision d'achever les marches avant de construire les contre-marches et les bordures...  
Hésitation entre le coin "gauche, en haut" et le coin "droit, en haut" du rectangle de la vue de face.

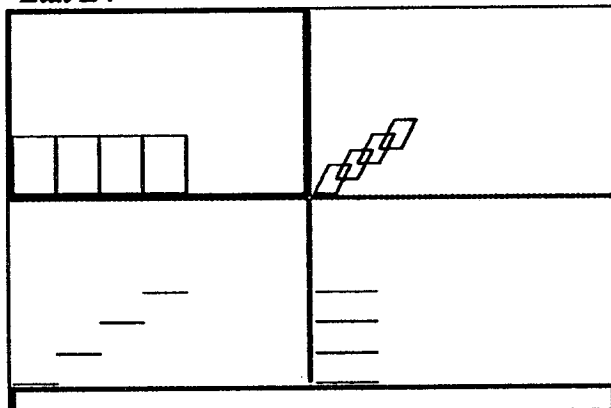
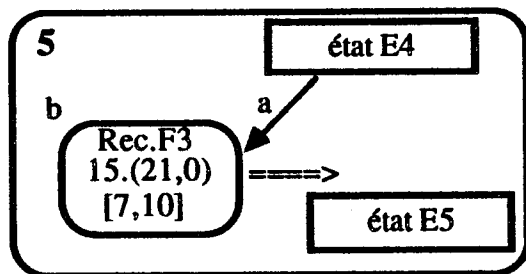


Etat E3

(David, Rachel) - esc2- 2

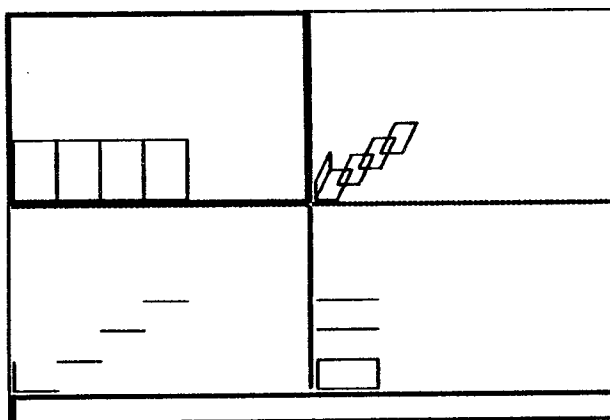
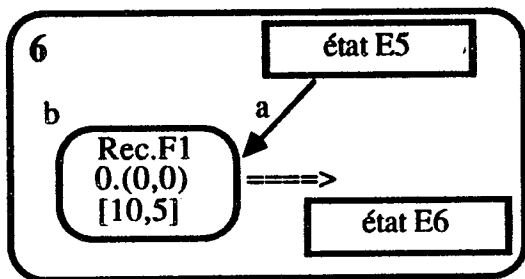


Etat E4



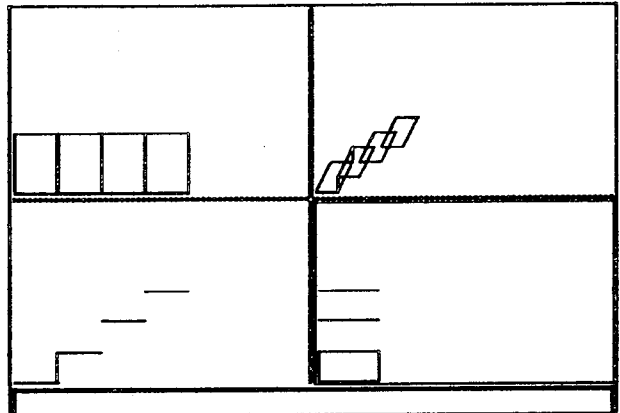
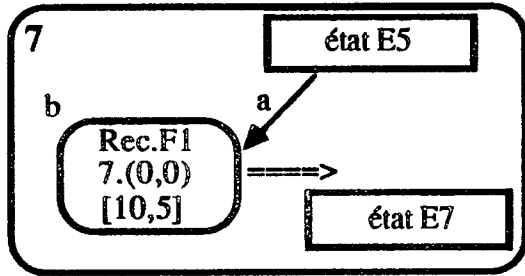
Etat E5

Ils décident que la fenêtre de la vue de face sera pour la bordure.

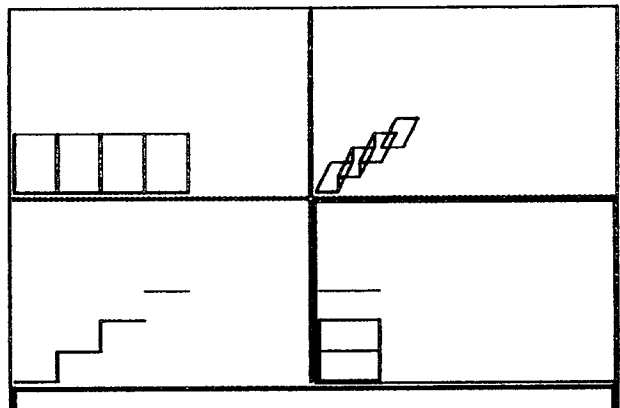
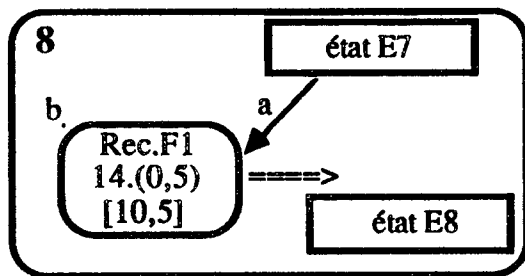


Etat E6

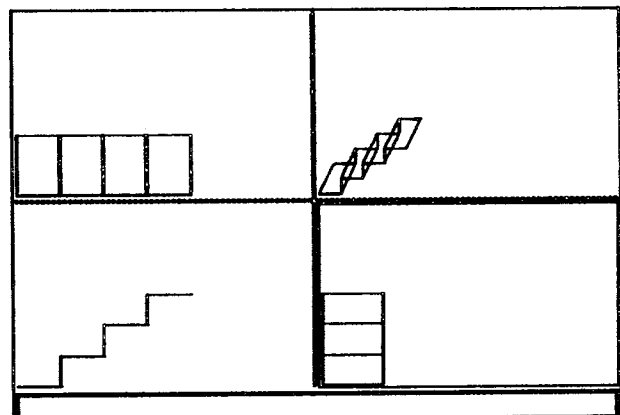
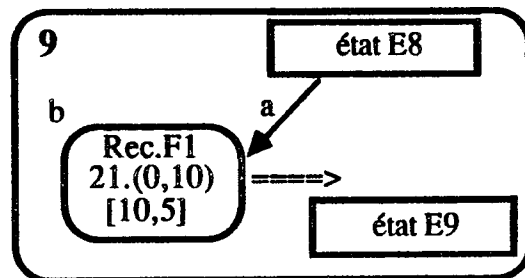
(David, Rachel) - esc2- 3



Etat E7

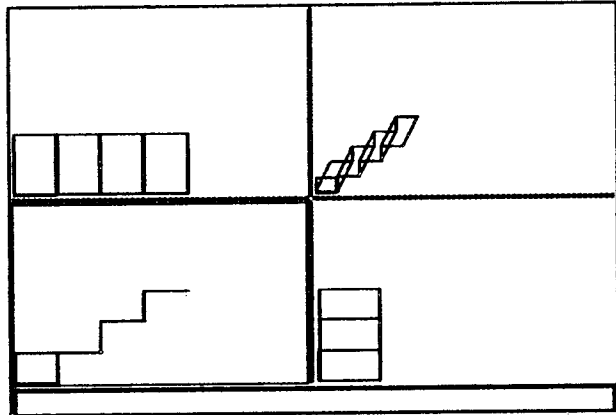
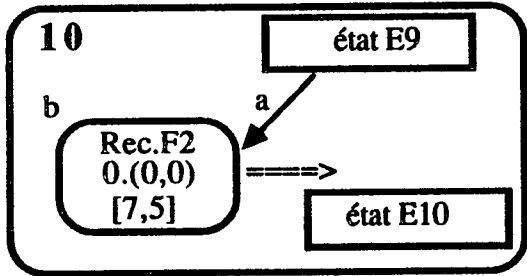


Etat E8

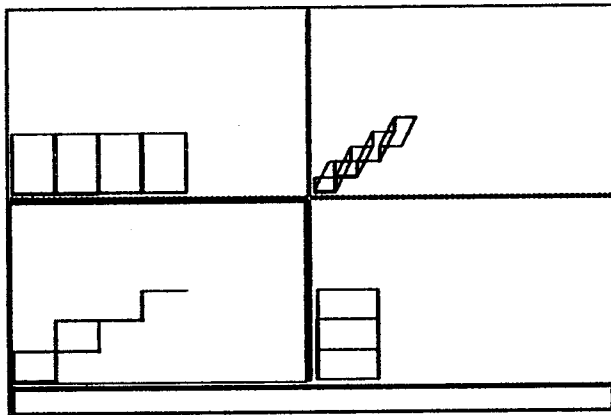
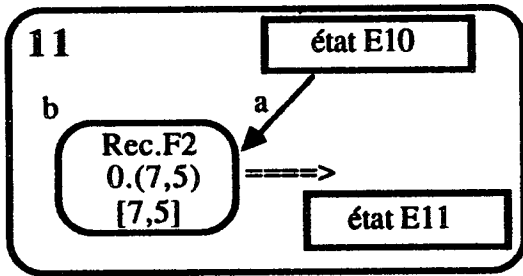


Etat E9

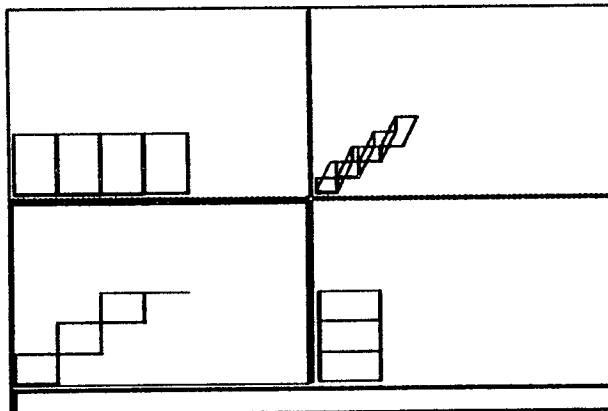
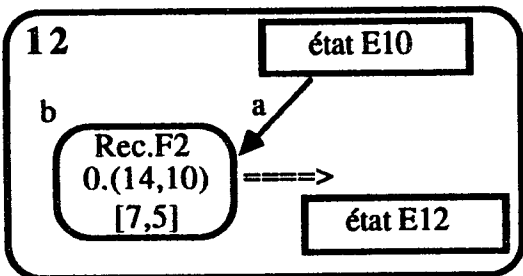
(David, Rachel) - esc2- 4



Etat E10

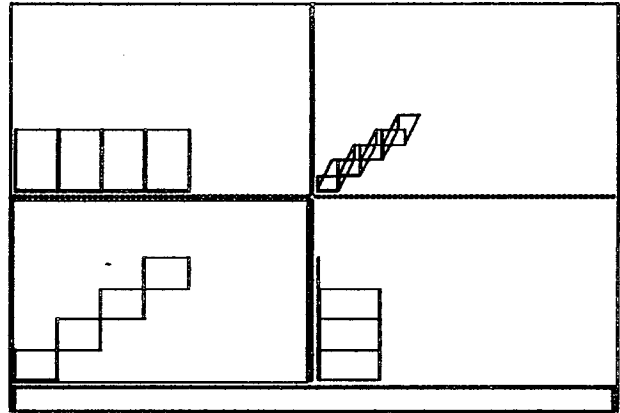
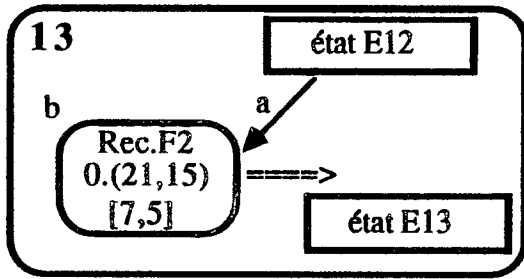


Etat E11

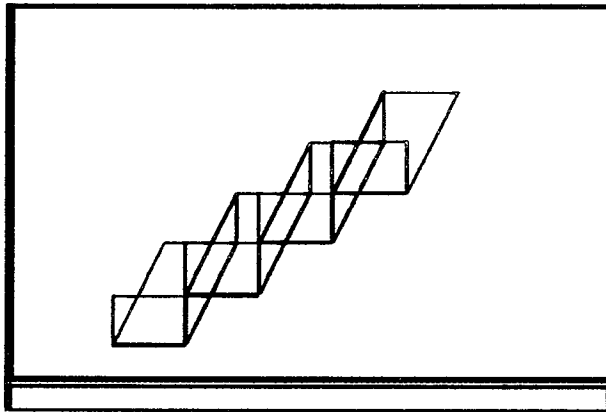


Etat E12

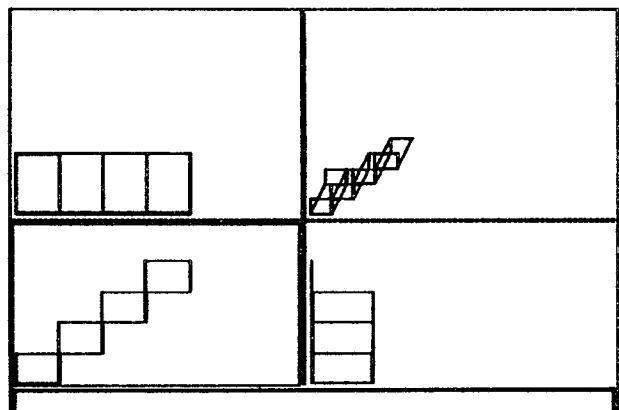
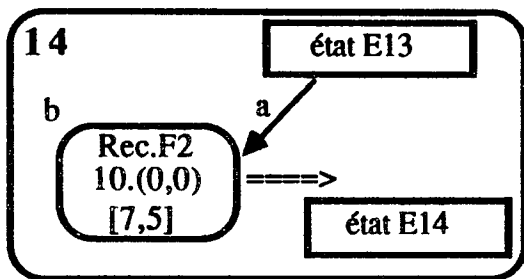
(David, Rachel) - esc2- 5



Etat E13

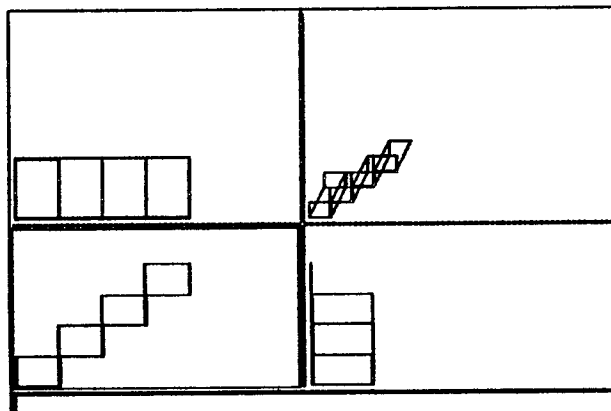
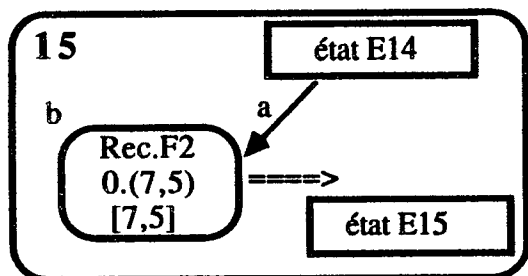


Etat E13 (vue en 3D)

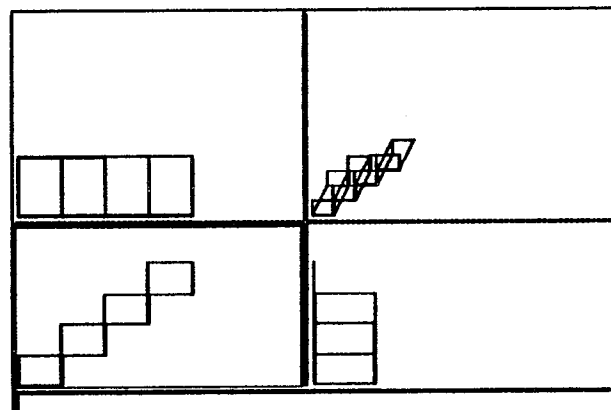
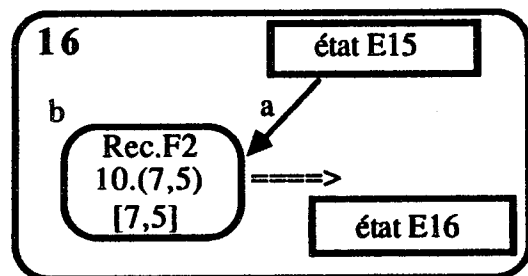


Etat E14

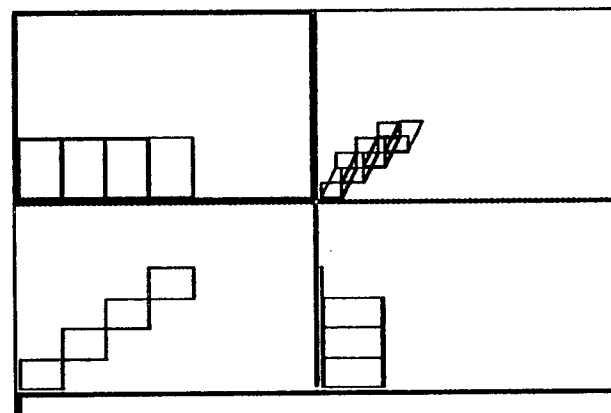
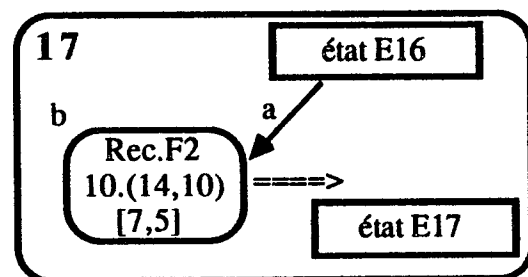
(David, Rachel) - esc2- 6



Etat E15

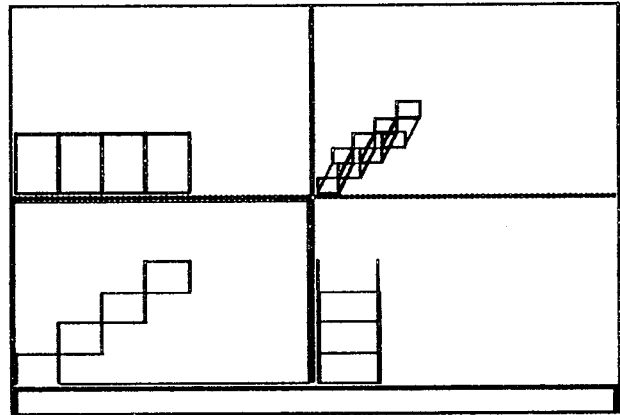
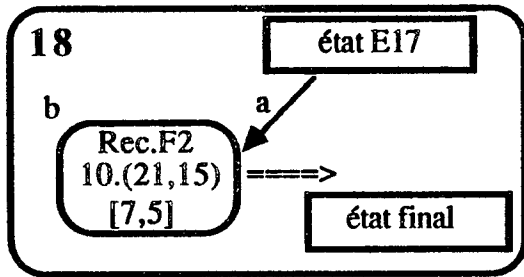


Etat E16

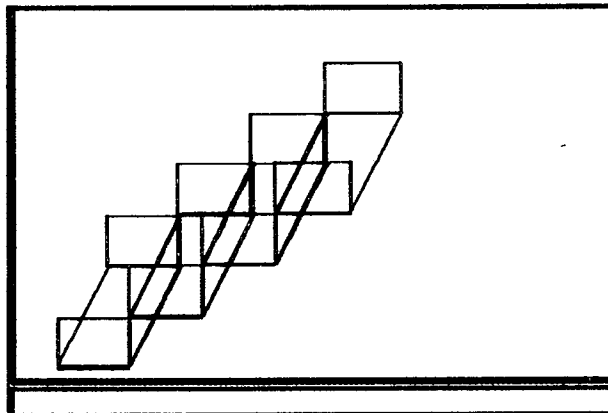


Etat E17

(David, Rachel) - esc2-7



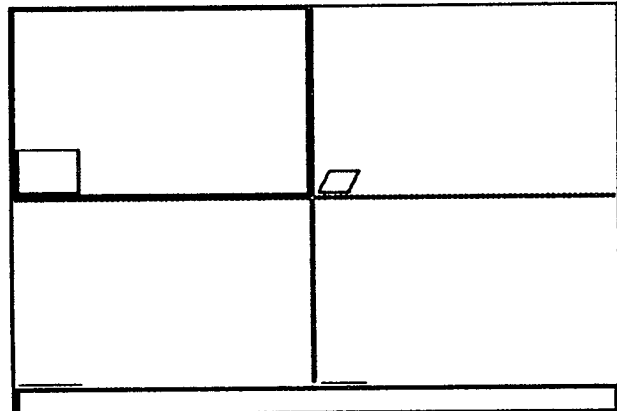
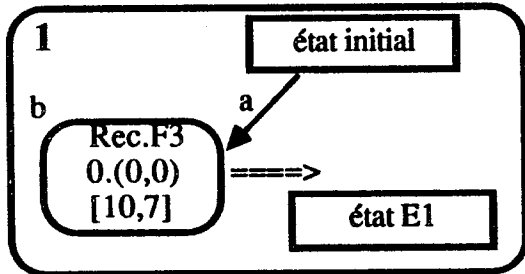
Etat final



Etat final (vue en 3D)

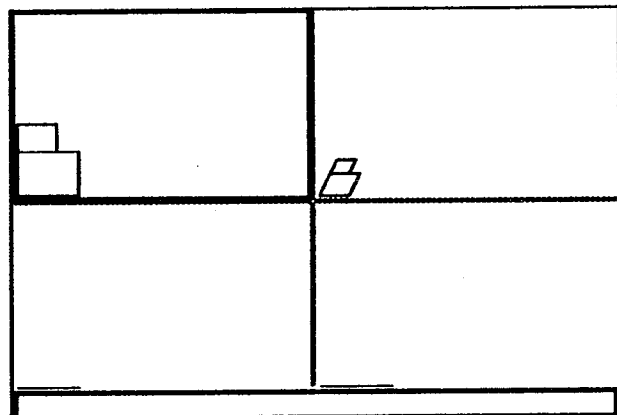
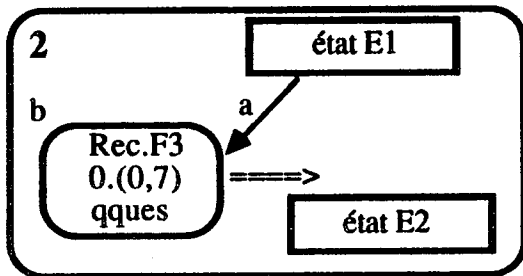


(Eric, Richard) - esc2- 1

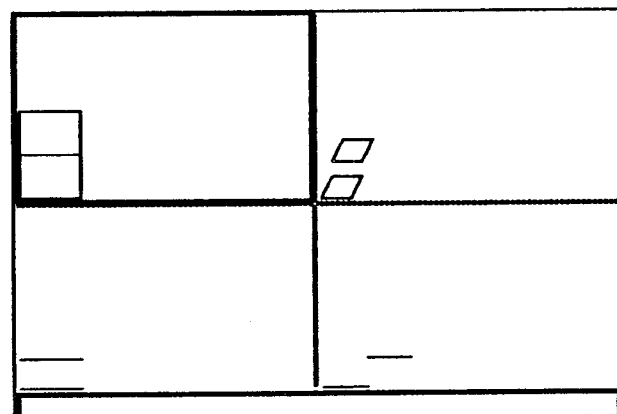
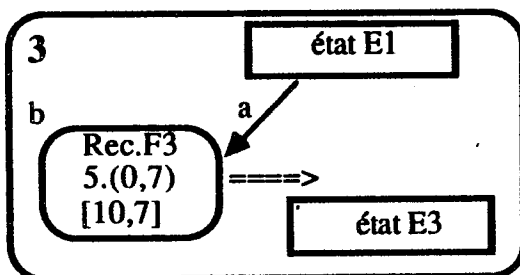


Etat E1

Avec l'intention de dessiner la deuxième marche,



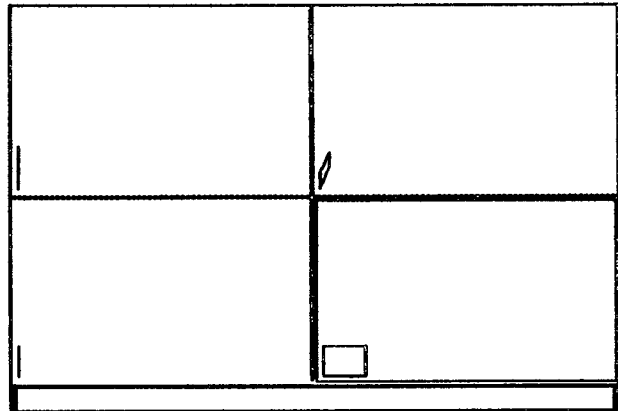
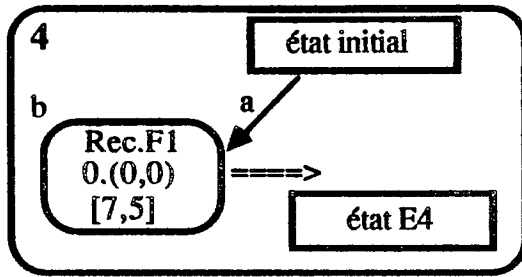
Etat E2



Etat E3

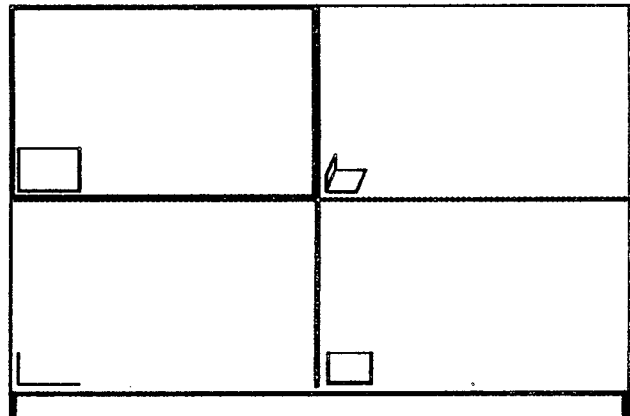
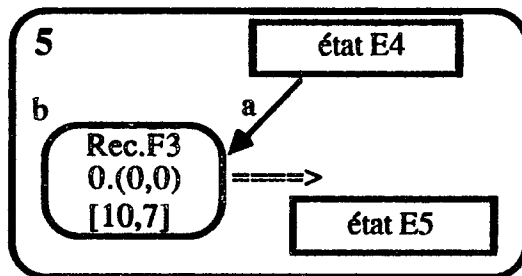
Ils se rendent compte de l'erreur d'orientation. Alors ils décident de travailler d'abord dans la fenêtre de la vue de côté. Discussion autour des valeurs à affecter aux coordonnées défilantes.

(Eric, Richard) - esc2- 2

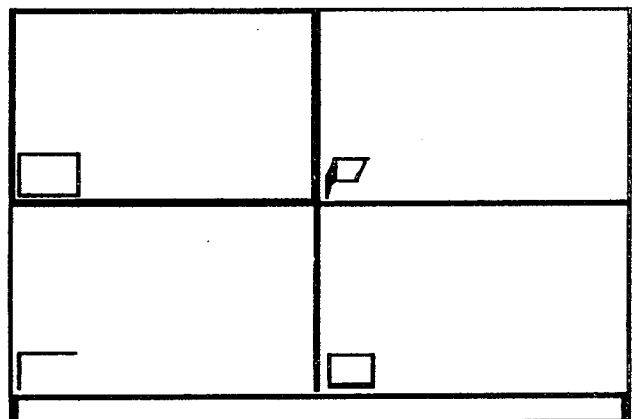
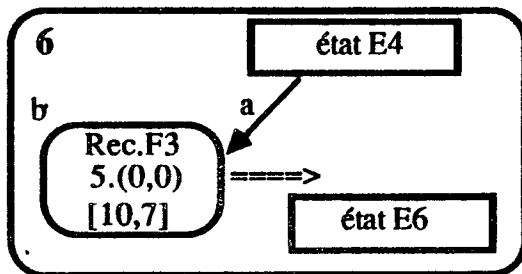


Etat E4

Ils re-sélectionnent la fenêtre de la vue de dessus pour la marche

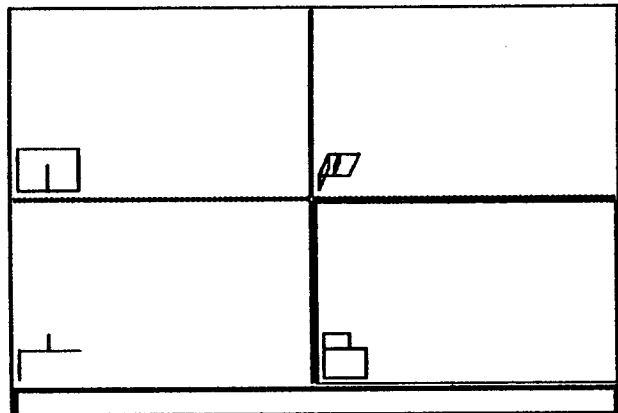
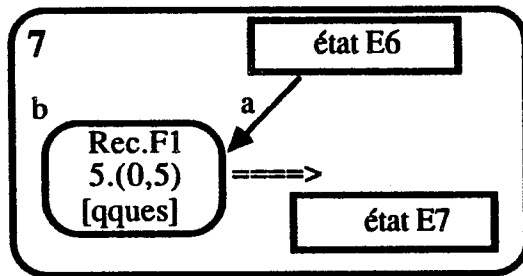


Etat E5



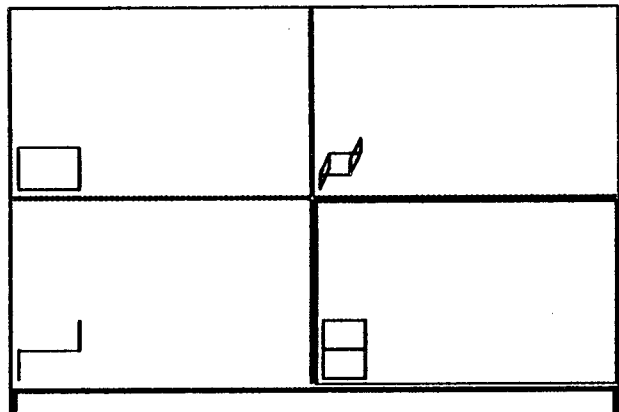
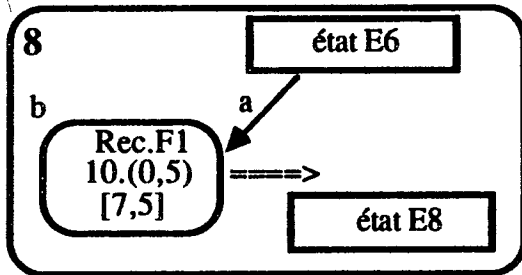
Etat E6

(Eric, Richard) - esc2- 3

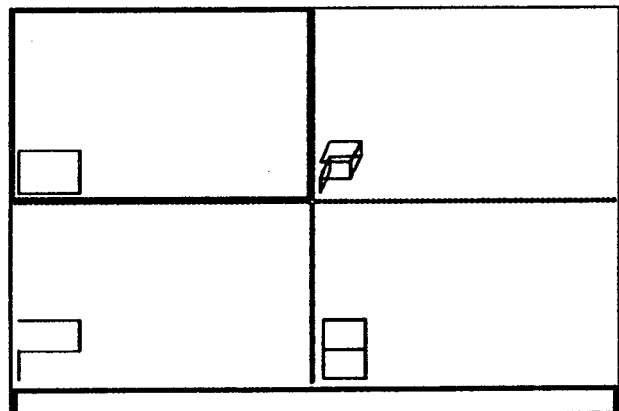
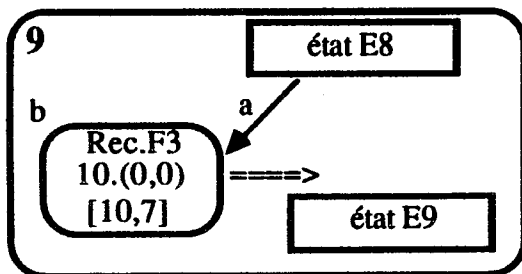


Etat E7

Vue de côté, hésitation entre 7 et 10 pour la valeur de la 3<sup>o</sup> coordonnée.

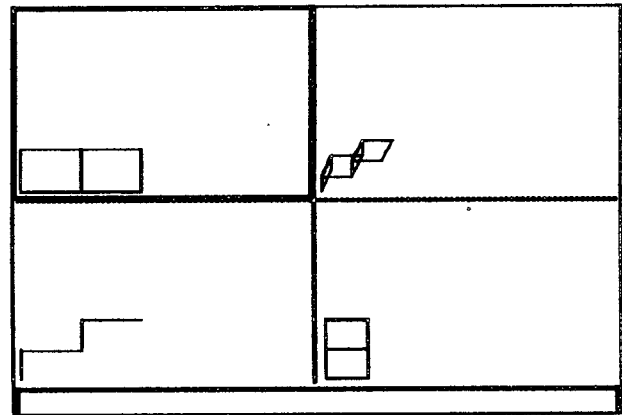
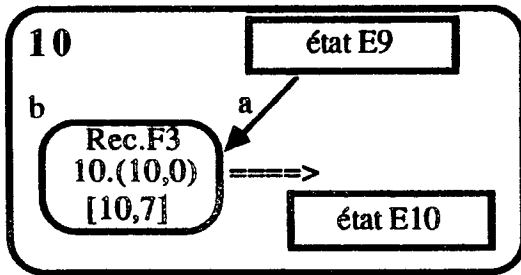


Etat E8



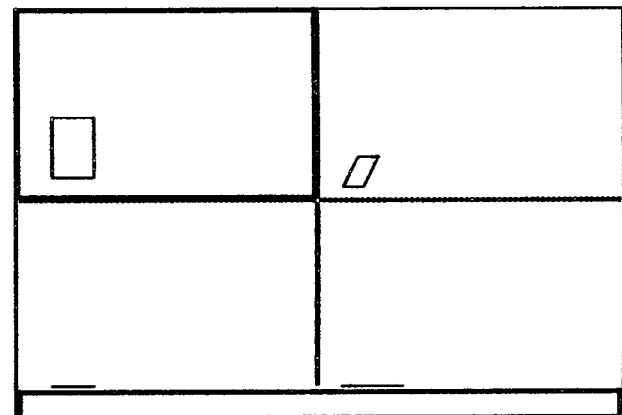
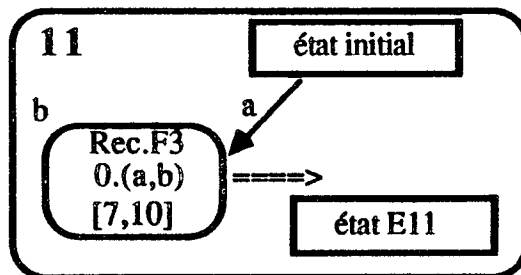
Etat E9

(Eric, Richard) - esc2- 4

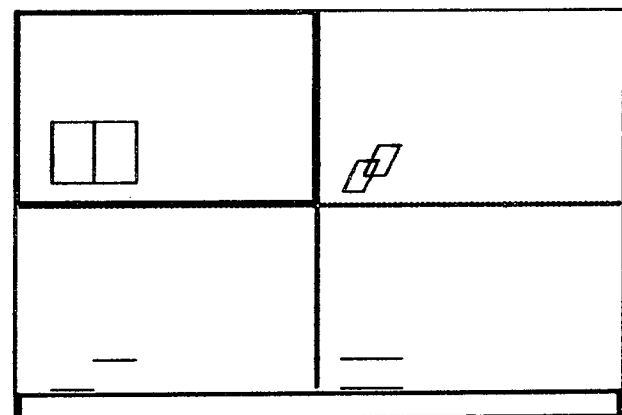
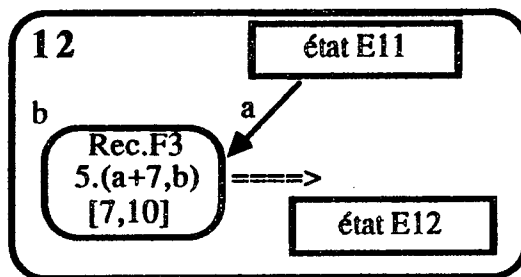


Etat E10

Ils se rendent compte de l'erreur d'orientation; ils décident de recommencer.

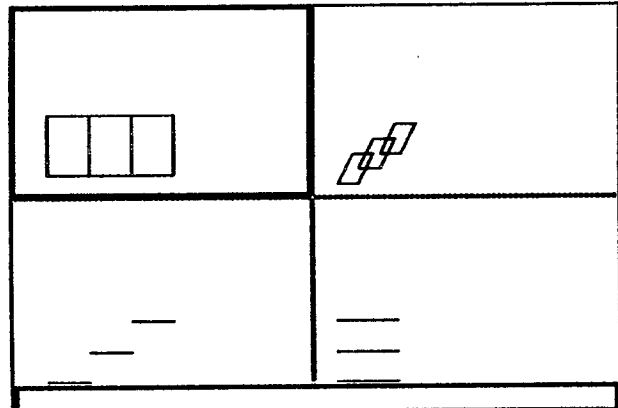
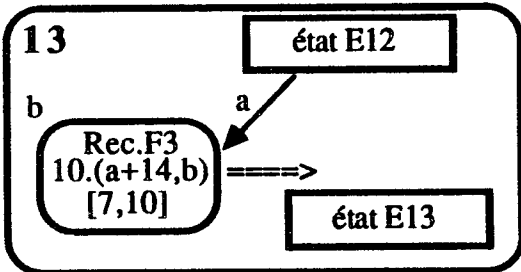


Etat E11

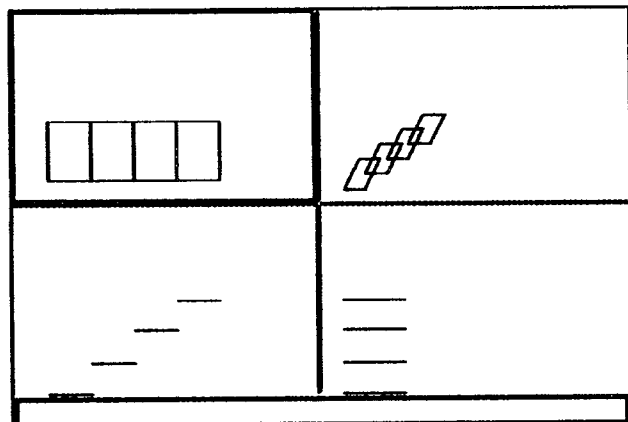
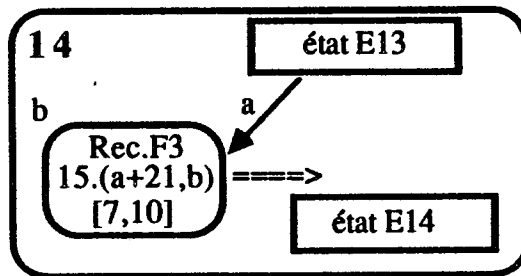


Etat E12

(Eric, Richard) - esc2- 5

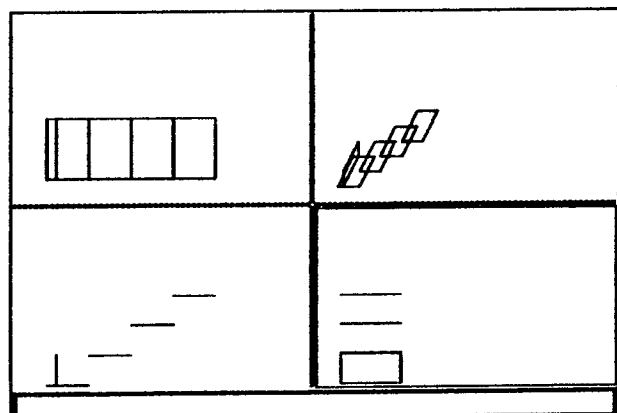
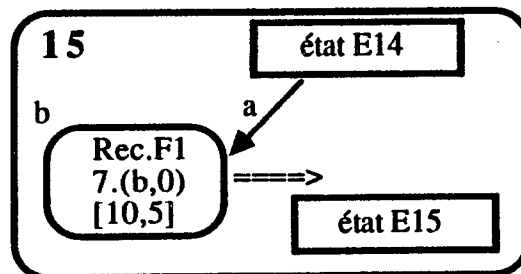


Etat E13



Etat E14

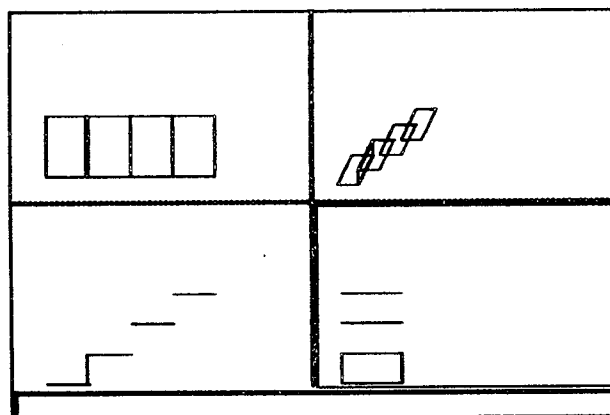
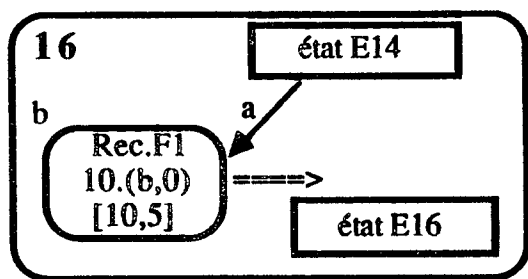
Discussion autour de la valeur à affecter à la 3° coordonnée



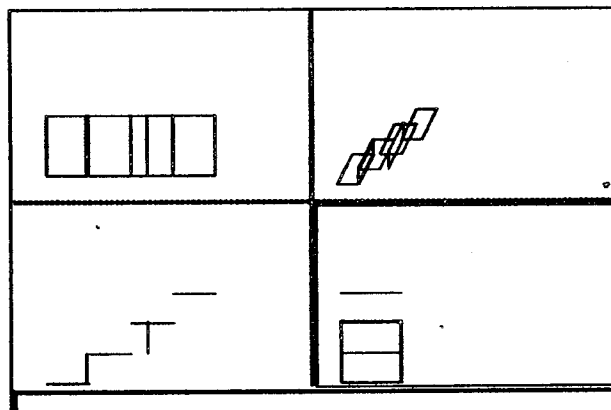
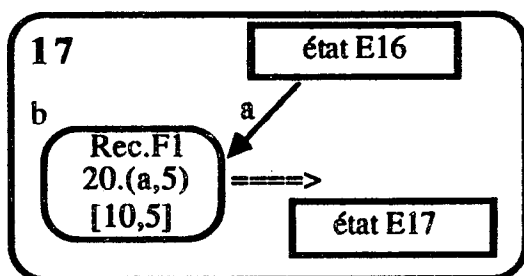
Etat E15

(Eric, Richard) - esc2-6

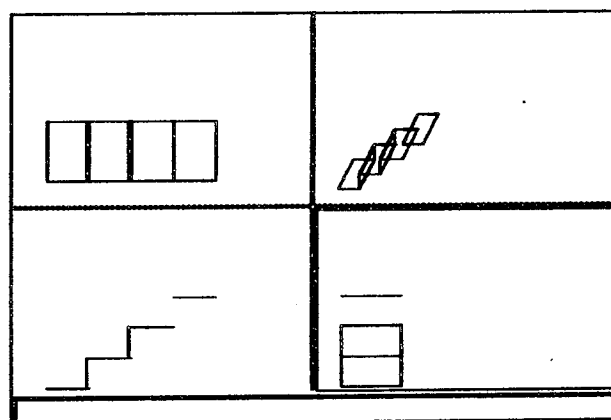
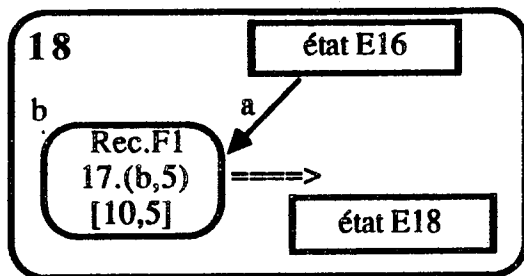
Puisque la position n'est pas adaptée avec la valeur 7 de la 3<sup>o</sup> coordonnée, ils refont la construction avec la valeur 10. Coïncidence : elle est à peu près bien placée (leur point de départ avait une abscisse de valeur 3)



Etat E16

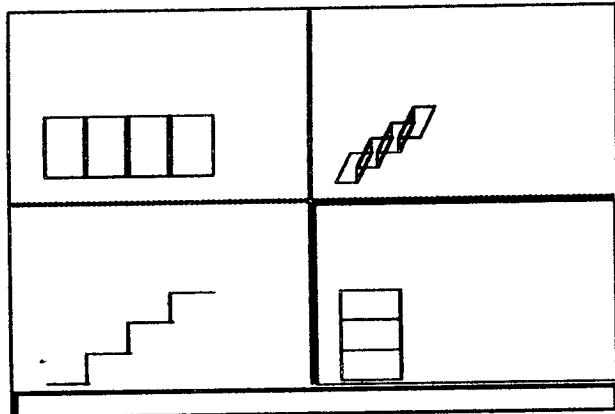
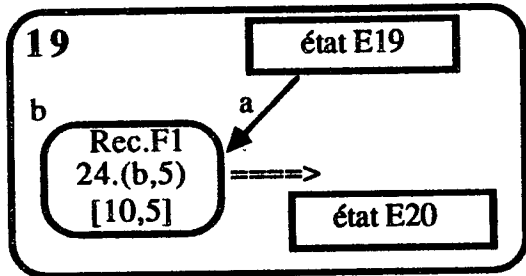


Etat E17

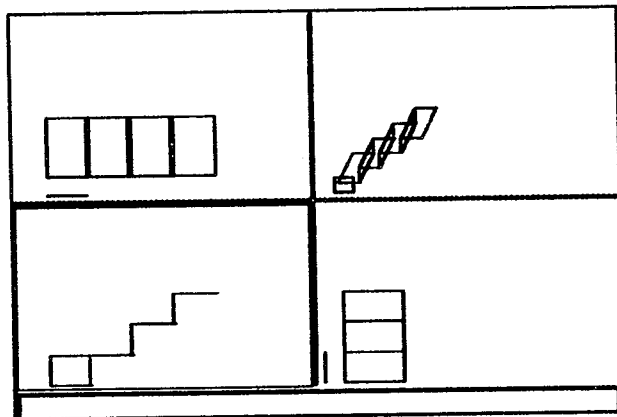
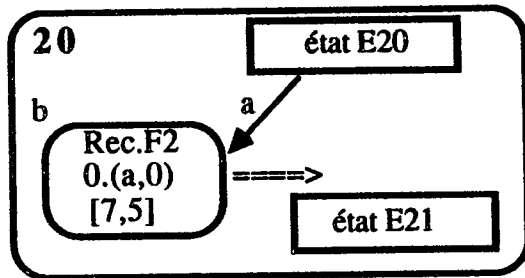


Etat E18

(Eric, Richard) - esc2-7

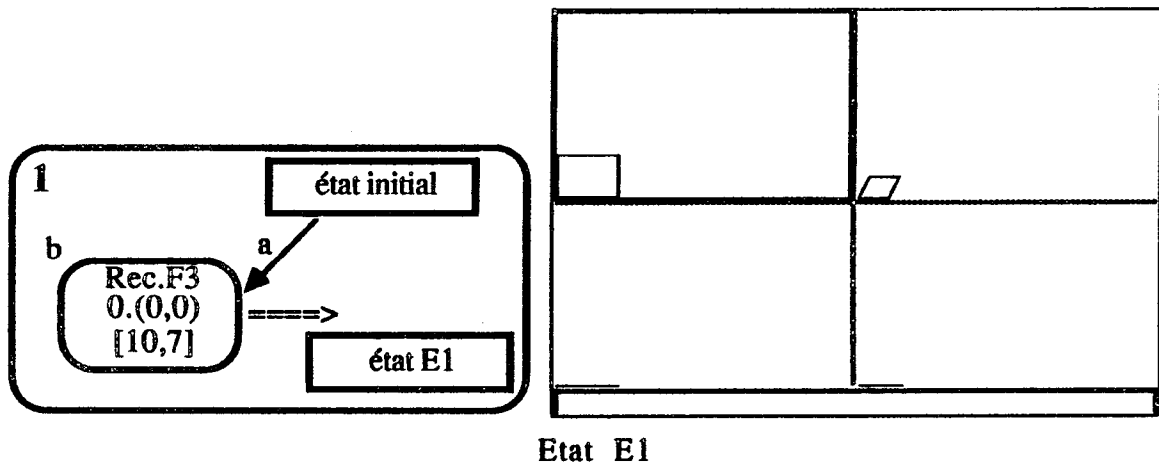


Etat E19

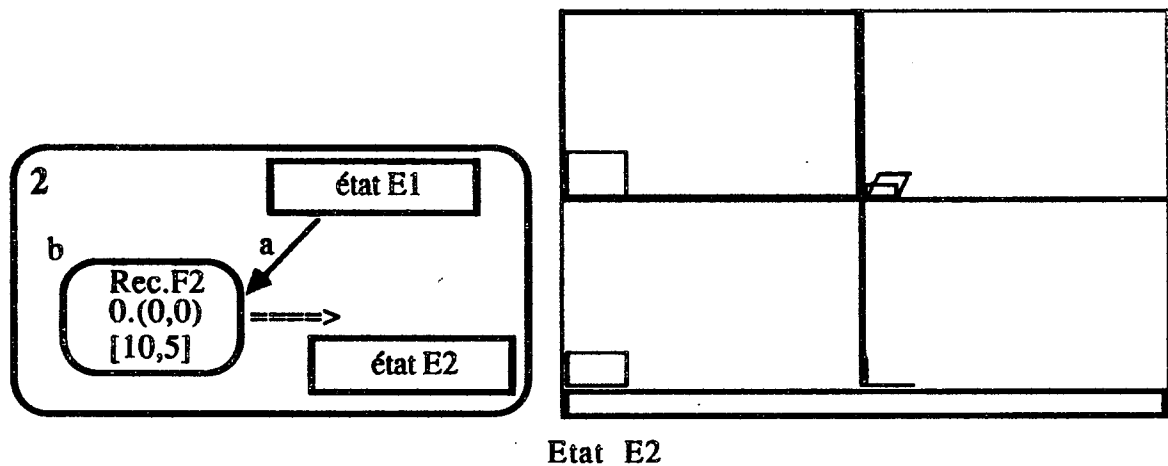


Etat E20

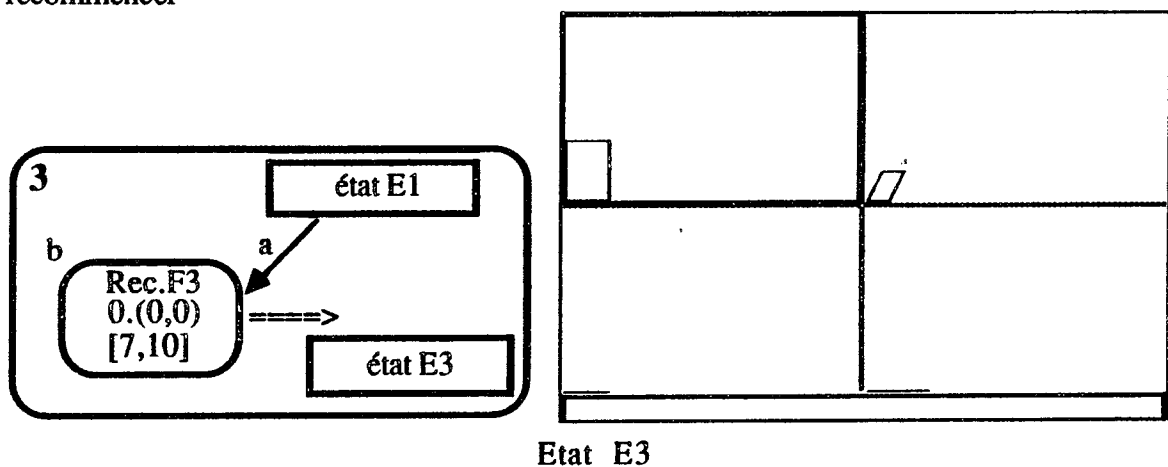
(Olivier, Stéphane) - esc2-1



Avec l'intention de construire la première contre-marche :

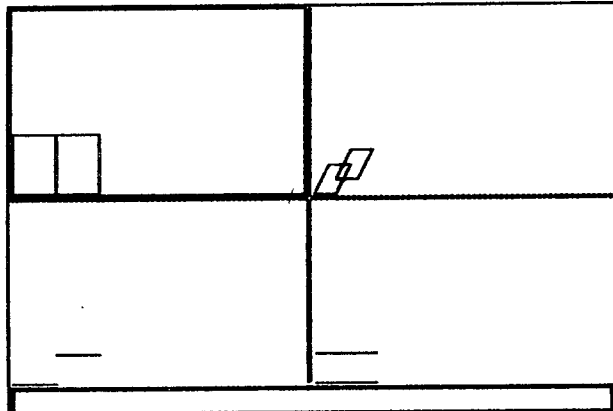
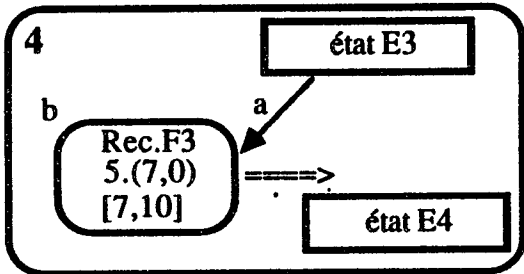


Ils regardent pleinement le tableau en discutant de l'orientation de l'objet. Ils décident de recommencer

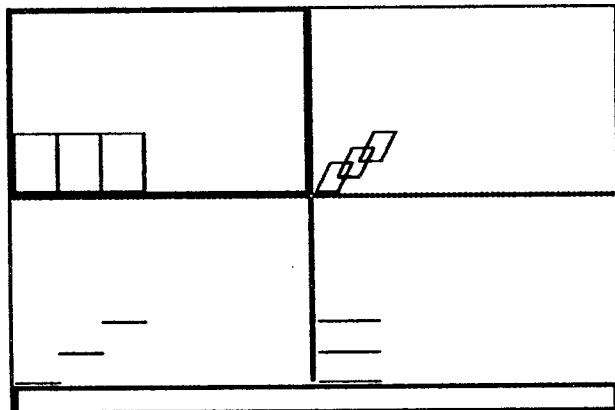
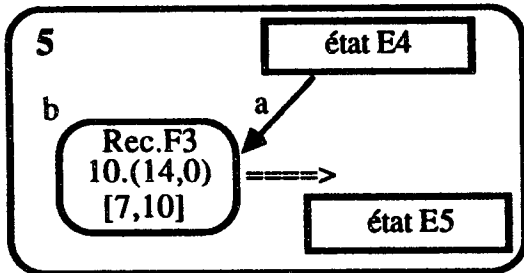




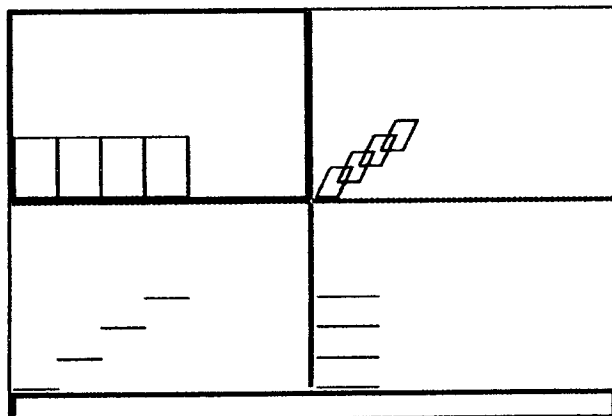
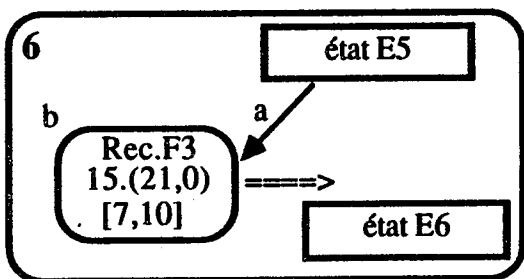
(Olivier, Stéphane) - esc2- 2



Etat E4

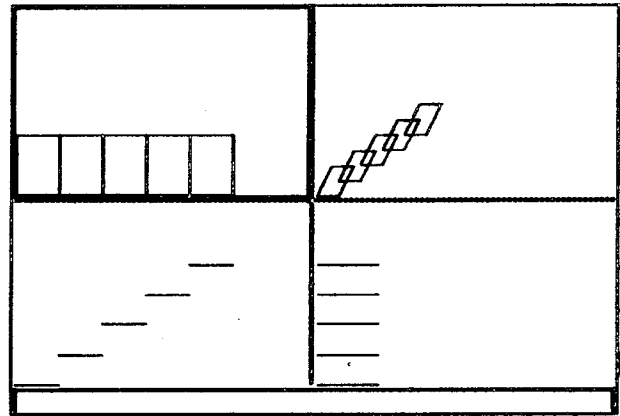
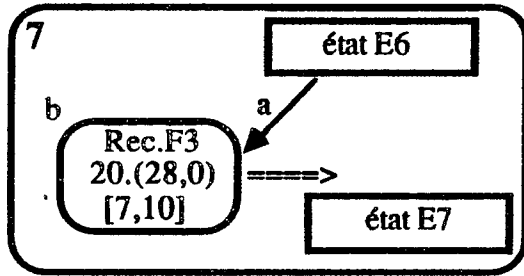


Etat E5

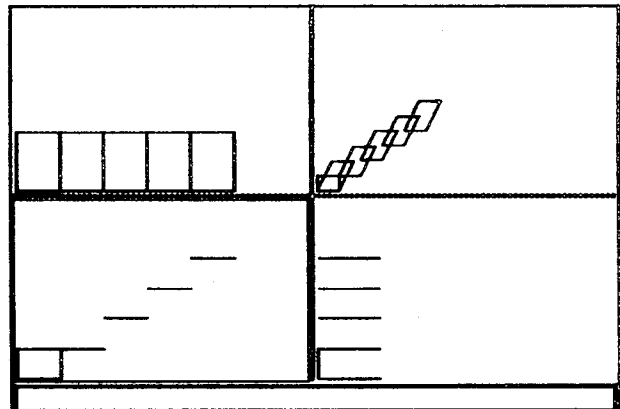
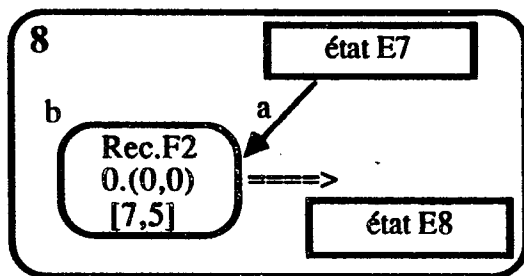


Etat E6

(Olivier, Stéphane) - esc2- 3

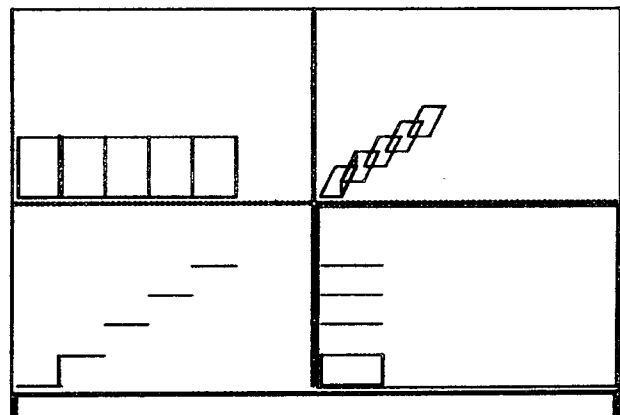
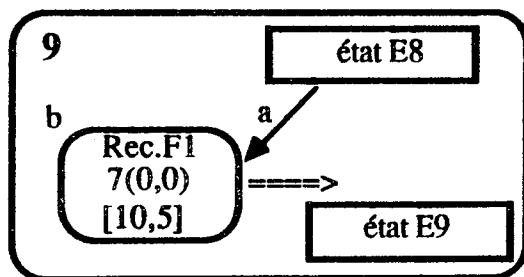


Etat E7



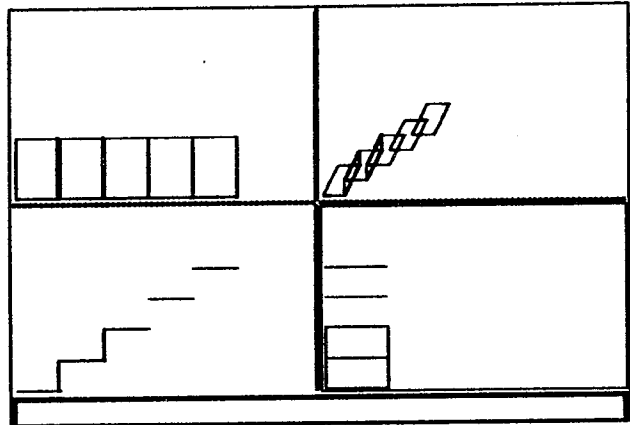
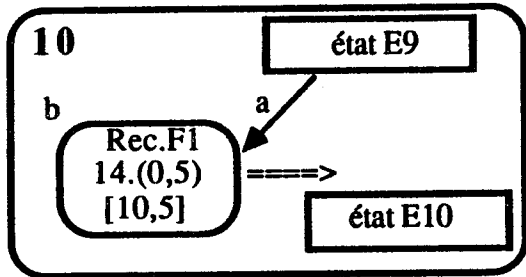
Etat E8

Ils passent à la vue de face et mettent intentionnellement la 3<sup>e</sup> coordonné à zéro. Par cette procédure ils voulaient faire la contre-marche.

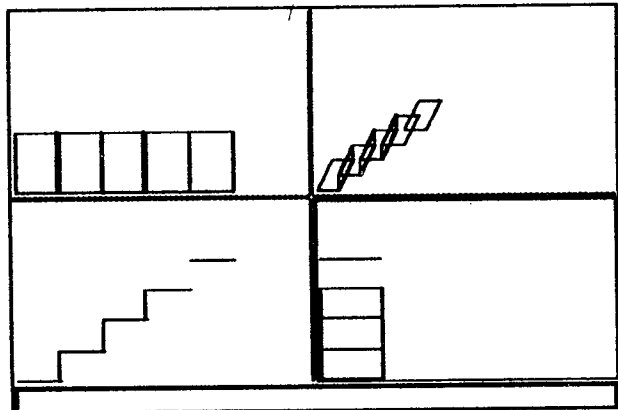
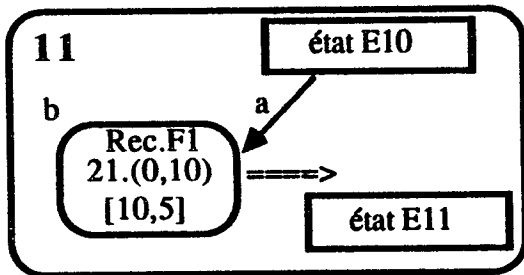


Etat E9

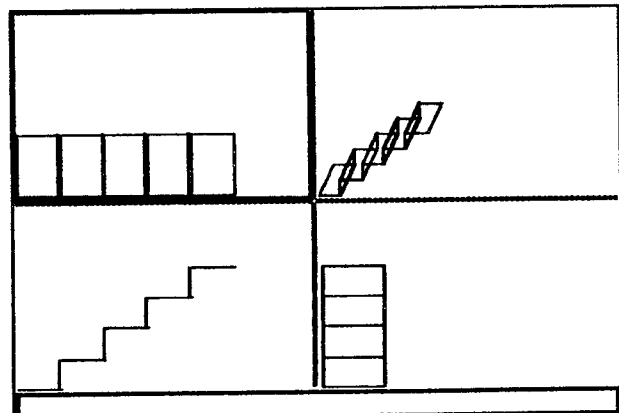
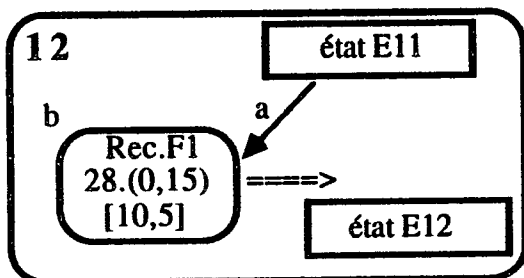
(Olivier, Stéphane) - esc2- 4



Etat E10

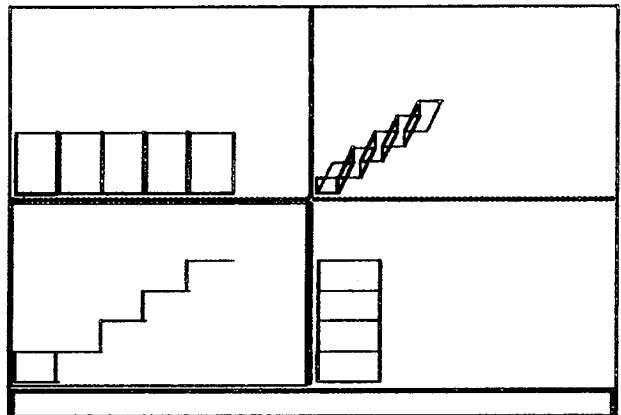
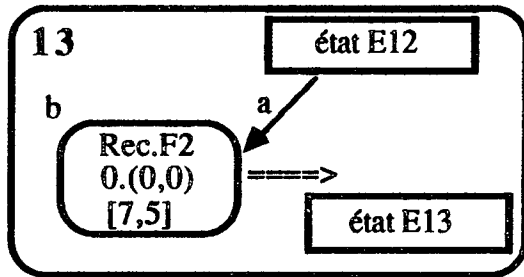


Etat E11

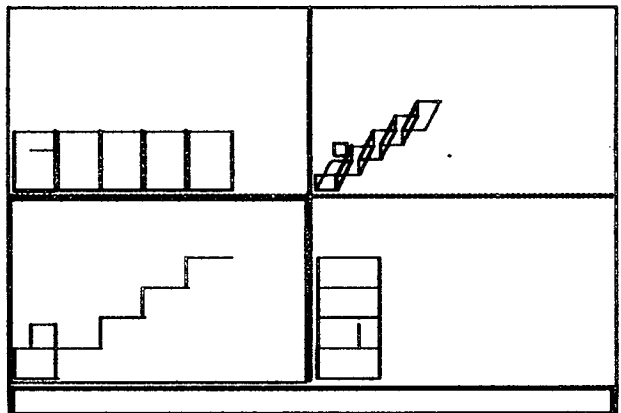
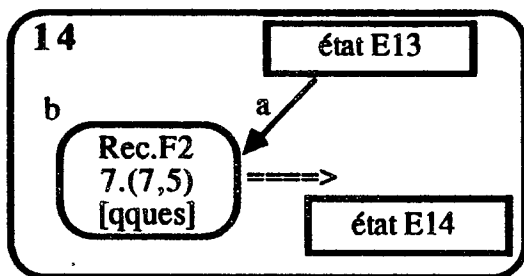


Etat E12

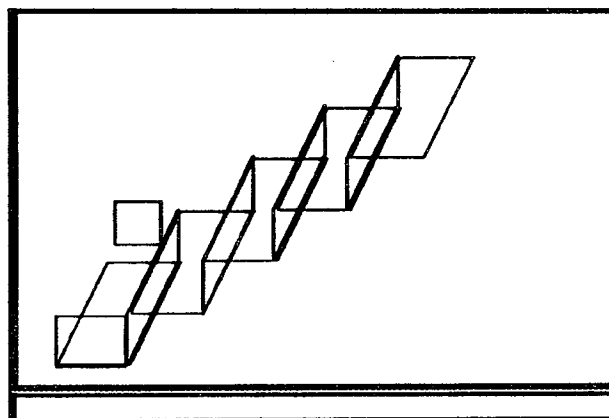
(Olivier, Stéphane) - esc2- 5



Etat E13

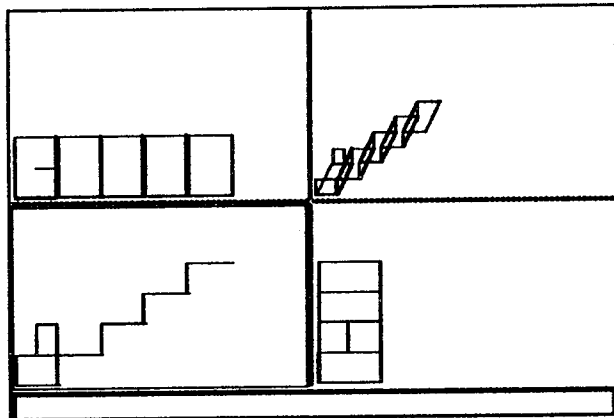
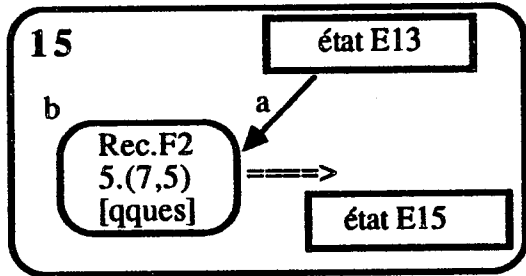


Etat E14

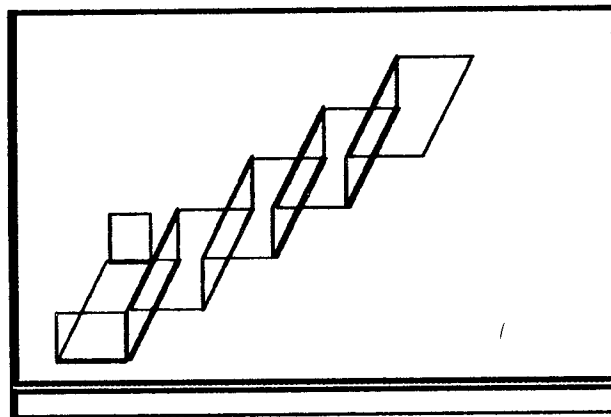


Etat E14 (vue en 3D)

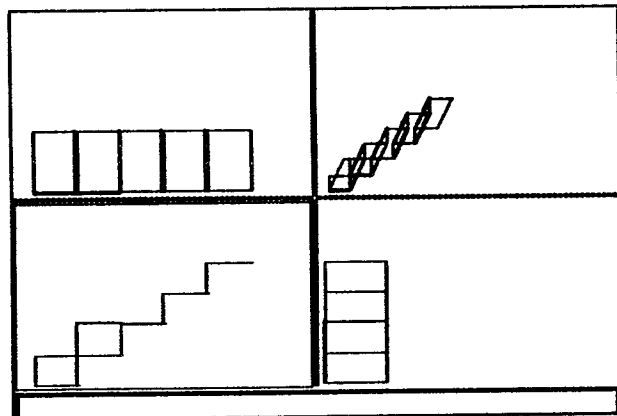
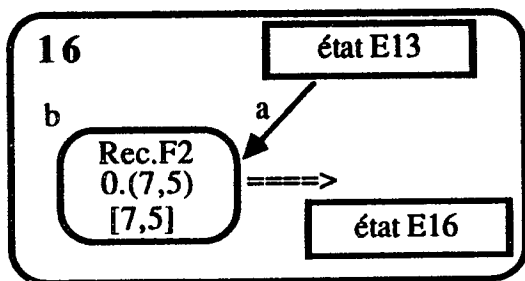
(Olivier, Stéphane) - esc2- 6



Etat E15

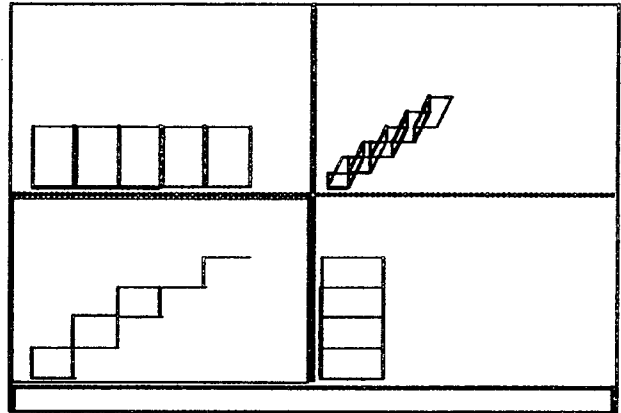
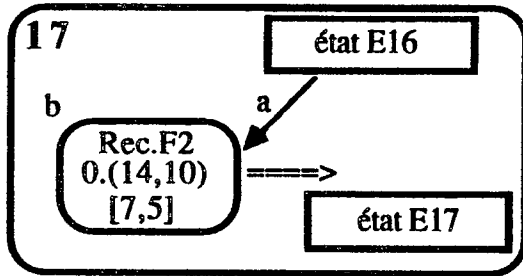


Etat E15 (vue en 3D)

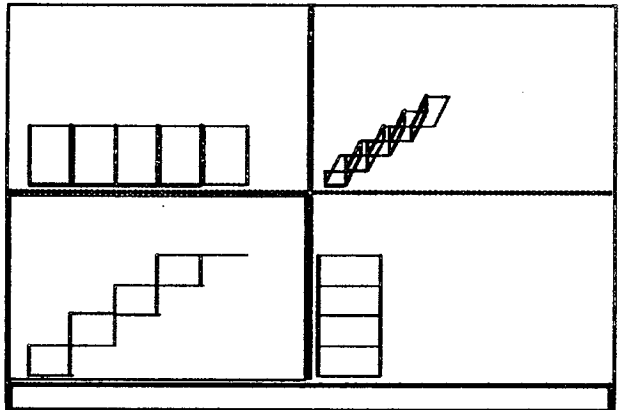
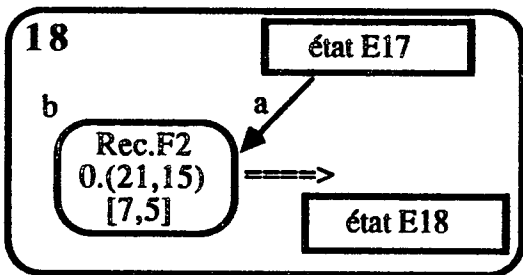


Etat E16

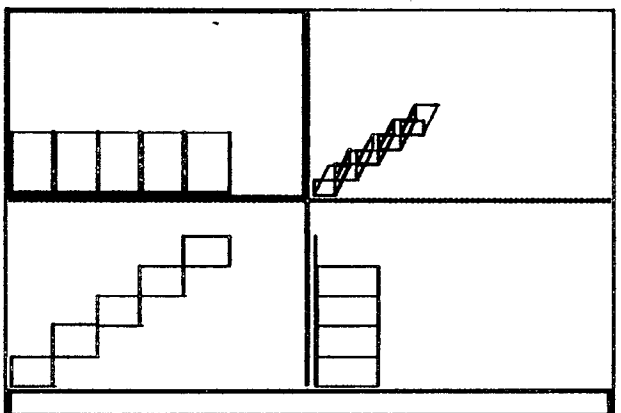
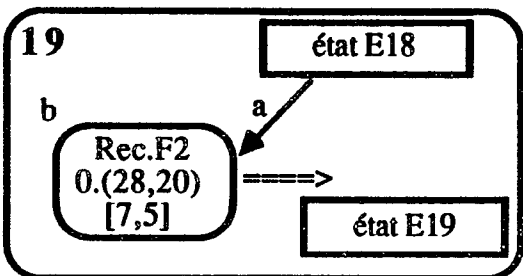
(Olivier, Stéphane) - esc2-7



Etat E17

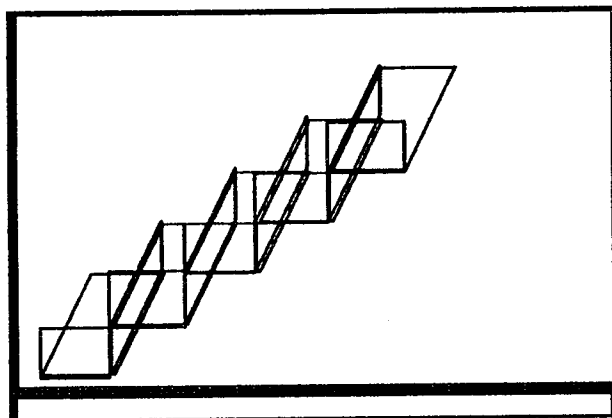


Etat E18

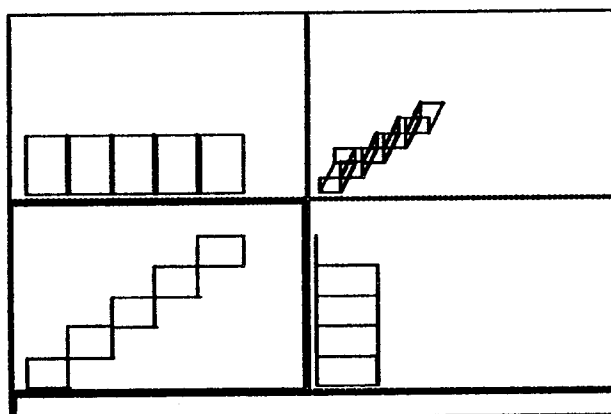
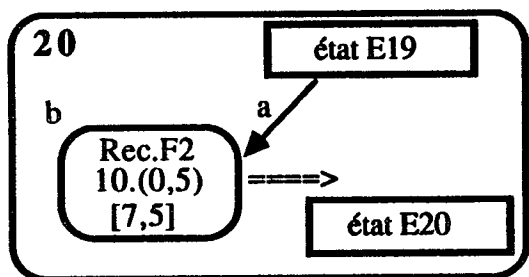


Etat E19

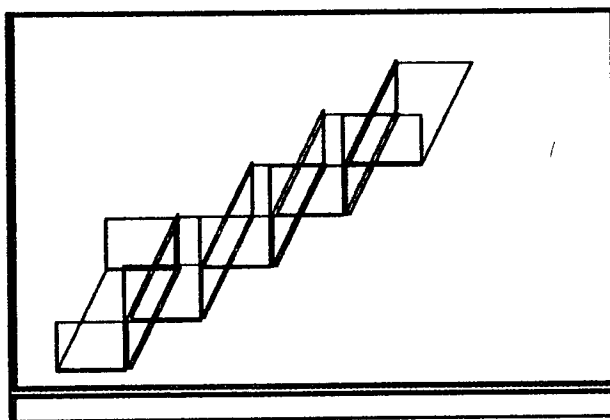
(Olivier, Stéphane) - esc2- 8



Etat E19 (vue en 3D)

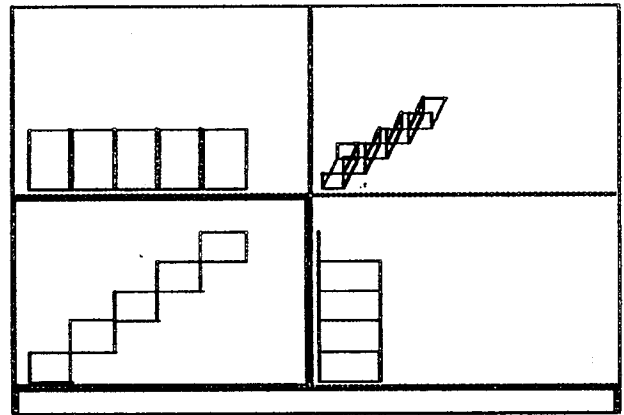
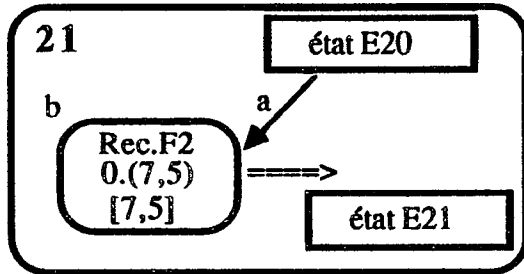


Etat E20

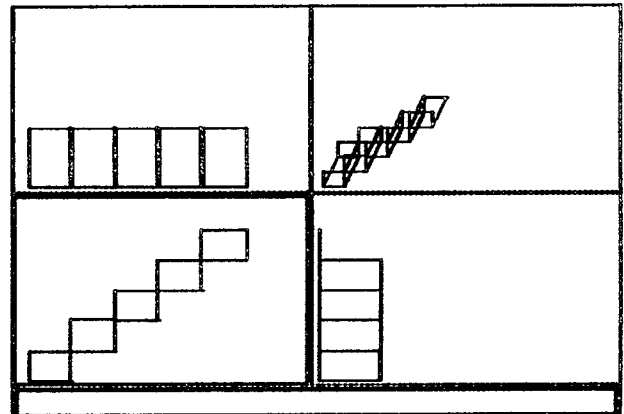
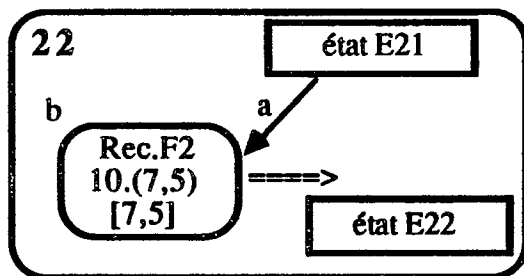


Etat E20 (vue en 3D)

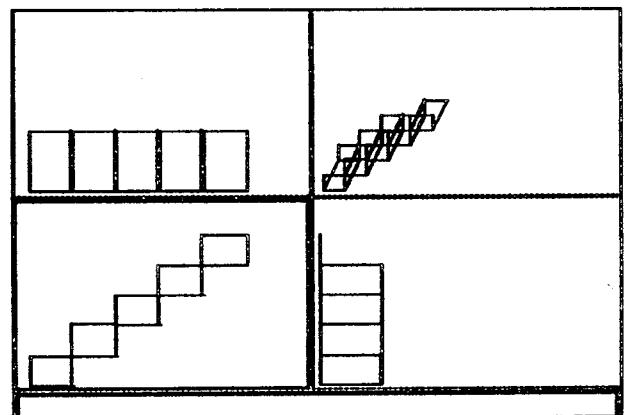
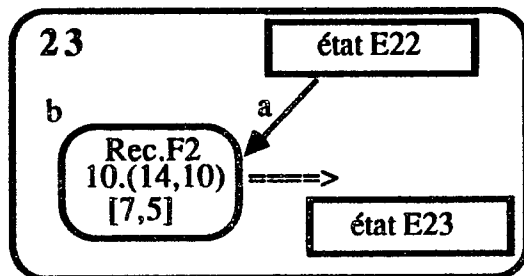
(Olivier, Stéphane) - esc2- 9



Etat E21



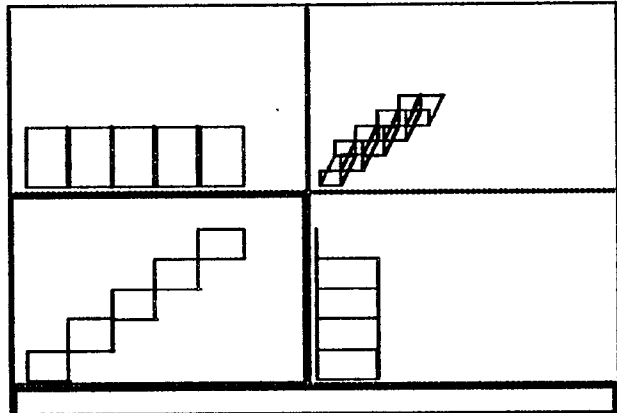
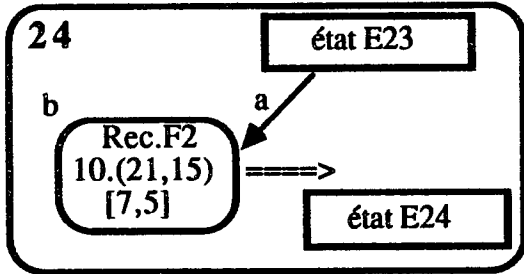
Etat E22



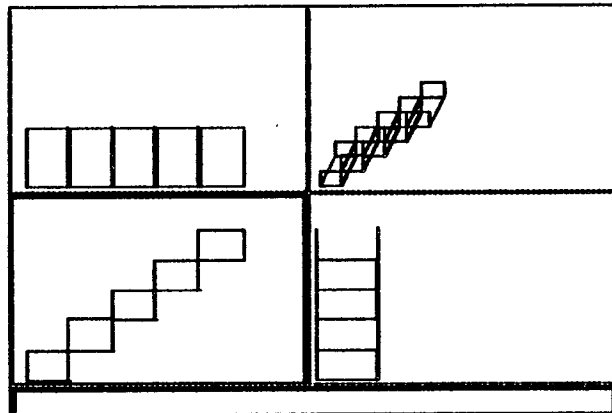
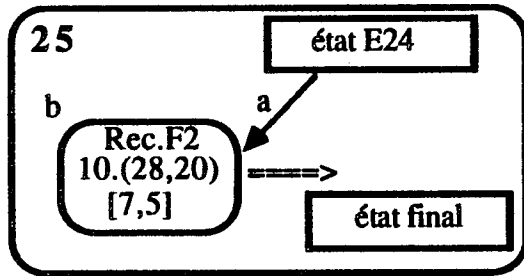
Etat E23



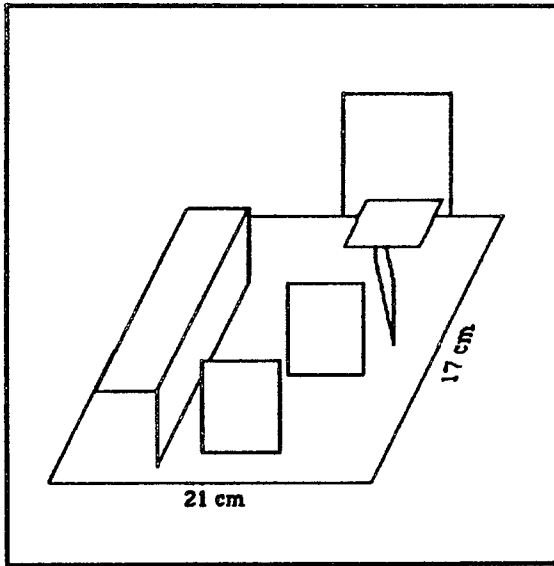
(Olivier, Stéphane) - esc2- 10



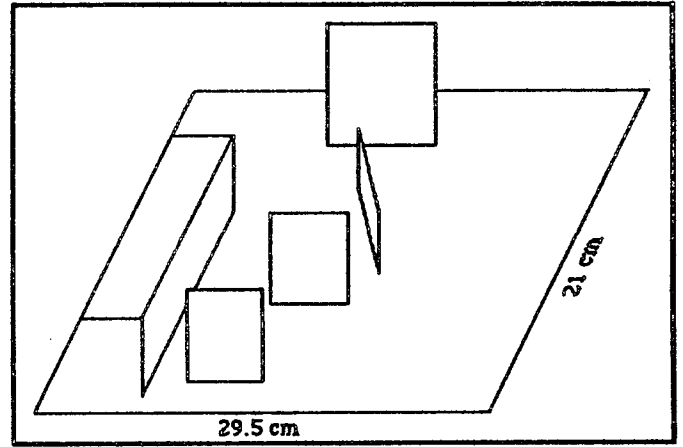
Etat E24



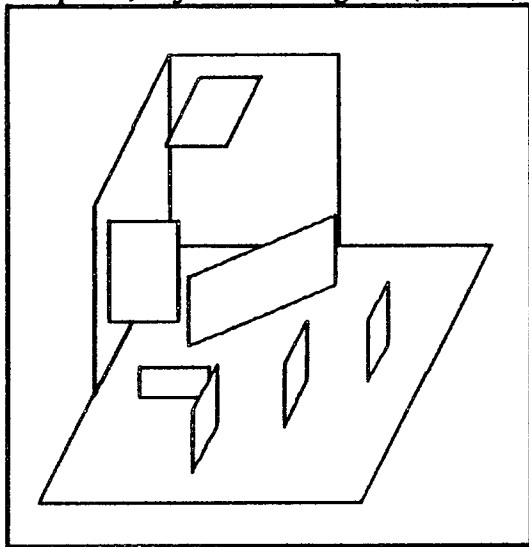
Etat final



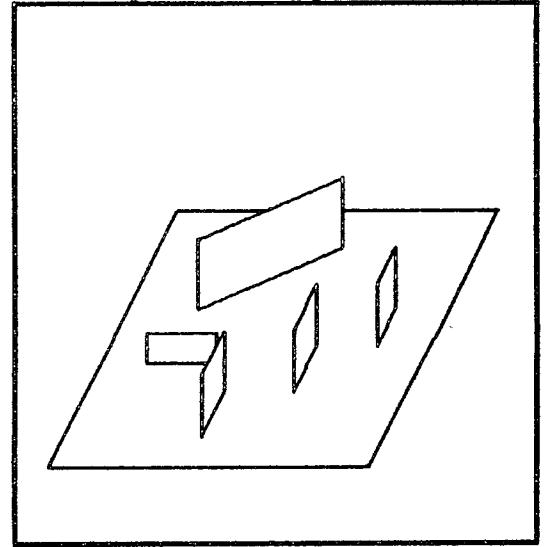
Maquette, objet du message de (Olivier, Stéphane)



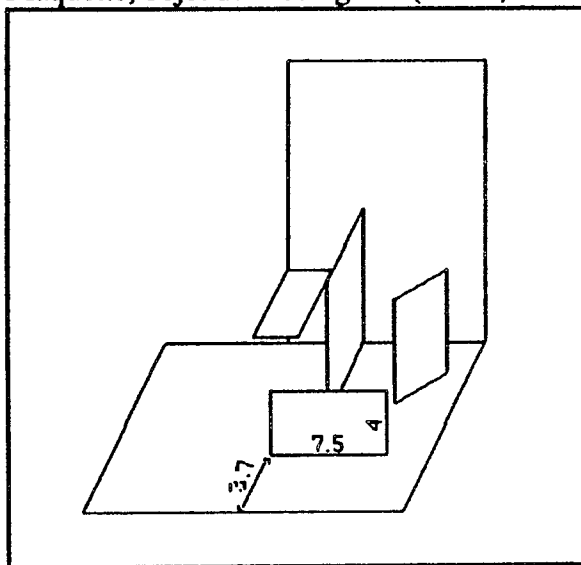
Maquette réalisée par (David, Rachel)



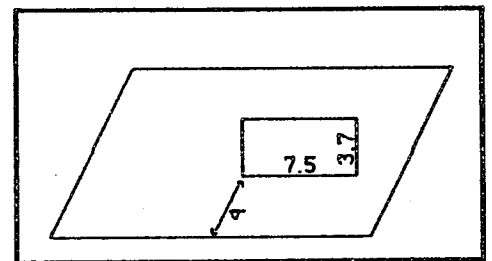
Maquette, objet du message de (David, Rachel)



Maquette réalisée par (Eric, Richard)



Maquette, objet du message de (Eric, Richard)



Maquette réalisée par (Olivier, Stéphane)

Fiche Description

Prénoms : David - Rachel -

Essai 1 / base de 21 et 17 cm -



Soit un repère dans l'espace  $O \vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$  (abscisse - ordonnée - profondeur).  
Les différentes valeurs correspondantes à deux sommets opposés  
d'un rectangle à face.  $A = 0; 0; 0$  et  $B = 21; 0; 17$   
 $C = 17,7; 0; 4,8$  D

Essai 2

Description Soit un repère  $O \vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$  (abscisse - ordonnée, profondeur).  
Les différentes valeurs correspondantes à deux sommets opposés d'un  
triangle à face.

$$A = 0; 0; 0 \quad B = 21; 0; 17 \Rightarrow 1^{\text{er}} \text{ rectangle}$$

$$C = 17,7; 0; 4,8 \quad D = 17,7; 3,8; 10,6 \Rightarrow 2^{\text{e}} \text{ rect.}$$

$$E = 13,5; 0; 5 \quad F = 13,5; 3,8; 8 \Rightarrow 3^{\text{e}}$$

$$G = 9,3; 0; 2 \quad H = 9,3; 4,0; 5 \Rightarrow 4^{\text{e}}$$

$$I = 3; 0; 4,8 \quad J = 7,5; 1,3; 7,3 \Rightarrow 5^{\text{e}}$$

$$K = 3,6; 0; 10,8 \quad L = 11,9; 3,8; 14,5 \Rightarrow 6^{\text{e}}$$

$$M = 0; 0; 8 \quad N = 4,93; 8 \Rightarrow 7^{\text{e}}$$

$$O = 21; 3; 10,8 \quad P = 5,5; 10,3; 17 \Rightarrow 8^{\text{e}}$$

$$Q = 0; 0; 7 \quad R = 0; 12; 17 \Rightarrow 9^{\text{e}}$$

$$S = 0; 0; 17 \quad T = 11; 12; 17 \Rightarrow 10^{\text{e}}$$

Fiche DescriptionPrénoms: ERIC. MICHAELEssai 1~~Plan de la Pigeon~~Niveau ~~3~~ 0, rectangle ~~(21, 11)~~  $\angle 21$ , P11

Niveau 0 . P11, H

Essai 2Description

- ~~Vue de dessus : rectangle (21, 11), Niveau 0~~  
rectangle de base (21; 11)
- 1 - rectangle  $\perp$  au R. de B. placé à la profondeur 47 et à 8 du coin gauche. coordonne (18,6; 13)
- 3 + rectangle  $\perp$  au R. de B. placé à la P. 3,7 et à ~~10,5~~ du bord droit et à <sup>10,5</sup> du Bord gauche. C (7,5; 4)
- 4 - rectangle  $\perp$  au R. de B. placé à la P. 7 (gauche) et 9 et à 1,5 du B. droit et à 17 du B. gauche.
- 5 - rectangle  $\perp$  au R. de B. à la p. 6 ~~en 48~~ et à 8 du bord droit et à 13 du B. gauche
- 6 - rectangle  $\parallel$  au R. de B. de hauteur 5, largeur 3 et de longueur 5.

## Fiche Description

Prénoms : Olivier, Stéphane

Essai 1 ~~La base est un rectangle de 24 cm de largeur~~  
 Dans le repère  $(O; \vec{i}, \vec{j})$ , les coordonnées de A sont  $(6,5; 1)$ . B  $(6,5; 13)$ .  
 C  $(8; 2)$ . D  $(14; 2)$ . E  $(13; 7)$ . F  $(18; 7)$ . G  $(18; 4)$ . H  $(14; 14,5)$   
 I  $(17,5; 17,5)$ . J  $(10,5; 17,5)$ . Les segments  $[AB]$ ,  $[CD]$ ,  $[EF]$ ,  
 $[GH]$ ,  $[IJ]$  sont des arêtes des rectangles perpendiculaire à  
 la base  $(O; \vec{i}, \vec{j})$

Essai 2 Leur hauteur sont respectivement 4,5 ; 5,5 ; 5,5 ;  
 3,5 ; 7,5 ;

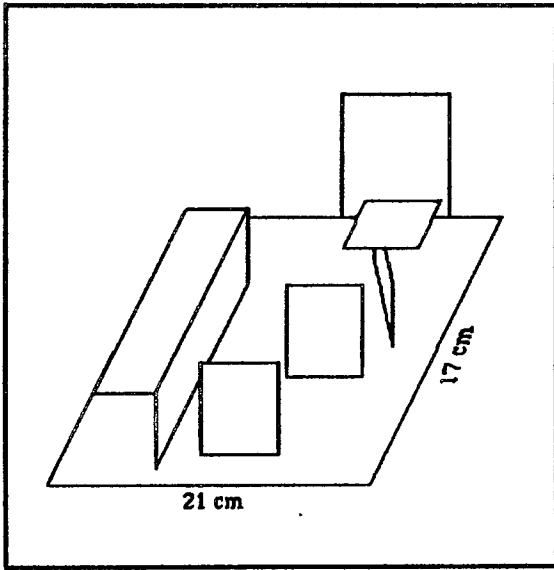
Il y a un autre rectangle ~~collé~~ collé à l'arête opposé au  
 segment  $[AB]$ ; il est parallèle au plan. L'arête de ce  
 rectangle opposé à l'arête qui est opposé au segment  $[AB]$  est  
 situé du côté du repère  $(O; \vec{i}, \vec{j})$  c-à-d à gauche.

### Description

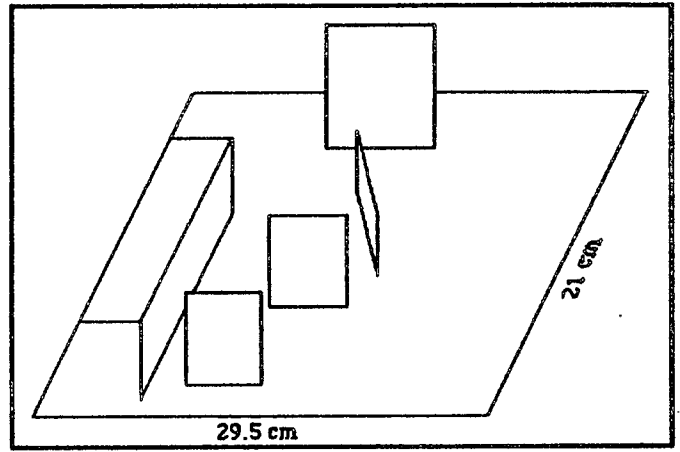
La largeur de ce rectangle est de 4 cm et la longueur est de  
 12 cm.

Il y a un autre rectangle situé parallèlement à la base,  
 et qui est collé au rectangle d'arête  $[IJ]$ . Il est situé  
 1 cm au-dessus de la base

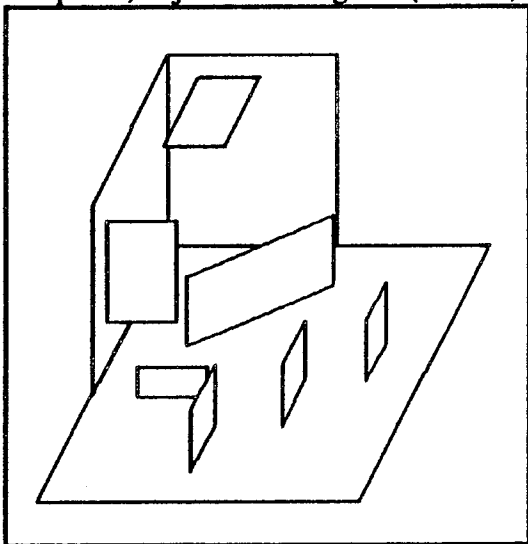
Fibres Son arête qui touche la face du rectangle  
 d'arête  $[IJ]$  est située à 1 cm à droite de l'arête  
 gauche du rectangle d'arête  $[IJ]$  et s'arête à 1 cm  
 avant l'arête droite du rectangle d'arête  $[IJ]$



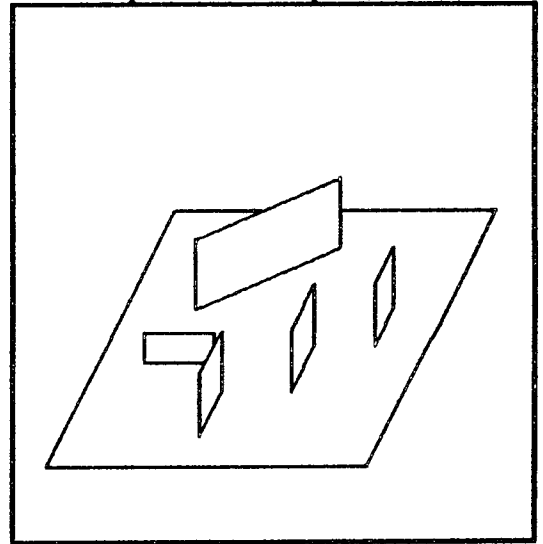
Maquette, objet du message de (Olivier, Stéphane)



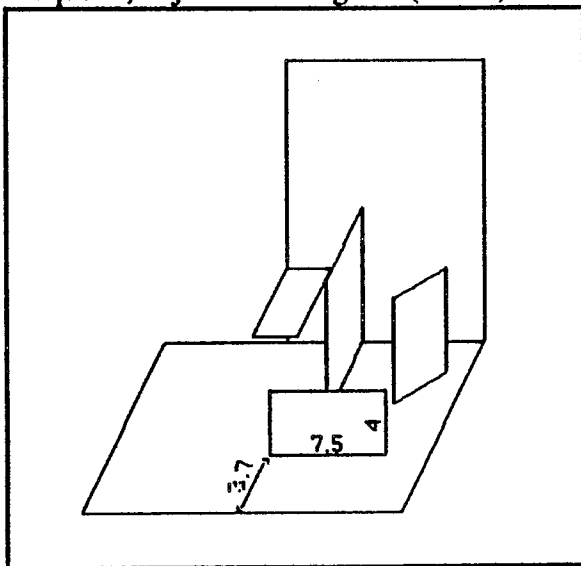
Maquette réalisée par (David, Rachel)



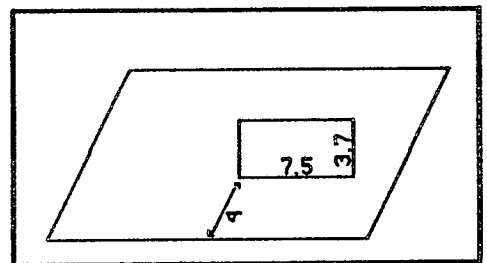
Maquette, objet du message de (David, Rachel)



Maquette réalisée par (Eric, Richard)



Maquette, objet du message de (Eric, Richard)



Maquette réalisée par (Olivier, Stéphane)

Fiche Réalisation

Prénoms des réalisateurs : David - Rachel

Informations qui manquent au message :

Il manque un renseignement pour terminer l'objet

Autres critiques :

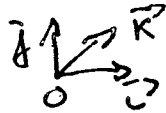
Ce n'est pas très clair - On ne sait pas bien où commence le message -

Pour comprendre les phrases et le message, il faut le relire plusieurs fois -

---

Critiques (objet) : Il manque les coordonnées de la base -

Repère  $O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$



David - Rachel -

$\vec{i}$  : abscisse -

$\vec{j}$  : ordonnée -

$\vec{k}$  : profondeur.

Base :  $(2, 1; 0; 17, 5)$

Les couples de points sont les extrémités de la diagonale du rectangle à construire -

~~A, B~~  $A = (6, 5; 0; 1)$   $A' = (6, 5; 4, 5; 13)$  construire le rectangle

$C = (9; 0; 2)$   $C' = (14; 5, 5; 2)$  //

$E = (19; 0; 7)$   $E' = (18; 5, 5; 7)$  //

$G = (18; 0; 9)$   $G' = (14; 3, 5; 14, 5)$  //

$I = (17, 5; 0; 17, 5)$   $I' = (10, 5; 7, 5; 17, 5)$  //

$K = (11, 5; 1; 14, 5)$   $K' = (17, 5; 16, 5; 1; 17, 5)$  //

$L = (6, 5; 4, 5; 1)$   $L' = (2, 5; 4, 5; 4, 5; 13)$  //



Fiche RéalisationPrénoms des réalisateurs : ERIC - RICHARDInformations qui mènent au message :

~~Leur~~ Ne comprenant pas ce qu'ils ont voulu faire, nous ne pouvons évaluer ce qui manque.

Autres critiques :

Le système ne marche que pour 5 rectangles.

La notation des autres rectangles n'est pas très ambiguë.

---

L'ordre dans lequel les rectangles sont expliqués n'est pas logique. Ils expliquent la construction d'un rectangle en hauteur sans avoir expliqué le rectangle qui sera le support.

ERIC - RICHARD

~~Le système~~ Nous gardons le système de David et Richard  
 mais ~~maintenant~~ la construction se ferait plutôt dans  
 cet ordre :

rectangle A, B

" C, D

" E, F

" G, H

" I, J

" K, L

" Q, R

" S, T

" M, N

" O, P

Fiche RéalisationPrénoms des réalisateurs :

Stéphane, Olivier,

Informations qui manquent au message :

- 5) Un 2<sup>ème</sup> point et la hauteur du rectangle.
- 6) On ne sait pas où ce rectangle est situé.

Autres critiques :

3) Erreur de coordonnées.

4) Incompréhensible.

Il manque la profondeur et aussi la hauteur de ce rectangle

---

Critiques (objet)

1) le 2<sup>ème</sup> pt est à la profondeur au bord en haut à droite.  
hauteur = 18,6.

4)

5)

Codage proposé par

Stephane et Olivier

On travaille sur un rectangle de Base (R.B) de largeur

11 (cm) et longueur 21.

— découper 5 rectangles A, B, C, D, E de dimensions :

A: largeur: 3,5 et longueur: 7,5

B: " " : 3 " " : 7

C: " " : 5 " " : 9

D: " " : 3,5 " " : 5

E: " " : 13 " " : 18,5

— Tracer un repère orthonormé  $(O, \vec{i}, \vec{j})$  sur R.B dont O est situé ~~sur~~ sur le coin en bas à gauche; l'axe des ordonnées va jusqu'à 11 et l'axe des abscisses jusqu'à 21.

— Le rectangle A est perpendiculaire au R.B.

Il a une arête [RS] collée au plan: R (10,5; 3,7) et S (18; 3,7)

— Le rectangle B est perpendiculaire au R.B

Son arête [TU] est collée au plan: T (17; 7,5) et U (10,5; 9,5)

— Le rectangle C est  $\perp$  au R.B

Il a une arête [VW] collée au plan: V (13; 5) et W (10; 11)

— Le rectangle D est  $\perp$  au R.B

Il a une arête [FX] collée au plan: F (8; 11) et X (21; 11)

— Le rectangle E est  $\parallel$  au R.B

Il a une arête [YZ] collée au plan: Y (0; 11) et Z (21; 11)

Il est situé complètement à gauche du Rect D.  
Son arête [GH] est la plus petite arête de ce rectangle E.

## **Résumé**

L'ordinateur peut-il aider à surmonter quelques problèmes de représentation d'objets de l'espace, dans le contexte de l'enseignement de la géométrie tridimensionnelle ? Peut-il contribuer à l'évolution et au contrôle de l' "activité perceptive", lors de l'interprétation ou de la production de dessins illustrant des problèmes de géométrie dans l'espace ? Finalement, et surtout, peut-il contribuer à la restauration du lien de sens entre les rapports à l'espace physique et les connaissances théoriques de la géométrie analytique ?

Dans cette recherche, un processus d'apprentissage est construit, utilisant les contraintes de deux logiciels graphiques pour faire construire par les élèves divers systèmes de repérage, basés sur différentes structurations de l'espace. Un rôle particulier est attribué à la perception, à la fois comme moyen de contrôle et comme obstacle.

Les élèves concernés sont des élèves de 3<sup>o</sup> (14-16 ans). L'analyse des données expérimentales recueillies a permis de mettre en évidence une hiérarchie des systèmes de référence construits au sein des différentes situations. Elle a permis, d'autre part, de dégager des résultats concernant le rôle de l'interaction entre l'élève et l'ordinateur, dans l'évolution des connaissances. Une telle évolution est liée à l'évolution de la manière dont l'élève conçoit cet outil : d'un moyen d'essai-erreur en vue de l'obtention d'un résultat vers un moyen de validation de conjectures à propos d'un mode d'utilisation cohérent.

## **Mots-clés**

géométrie dans l'espace ; système de référence ; représentations graphiques ; perspective ; ambiguïtés perceptives ; ordinateur ; interaction utilisateur / machine ; situation-problème