

l'apprentissage du réglage de l'oscilloscope essai d'application de la théorie opératoire de l'intelligence à l'adulte

par P. Vermersch

école pratique des hautes études
laboratoire de psychologie du travail, e.r.a. 236, cnrs

I. PRÉSENTATION

I₁ Le but de ce travail est d'étudier les *problèmes de régulation de la conduite chez l'adulte* à partir de l'analyse d'une situation d'apprentissage : celle de l'utilisation de l'oscilloscope cathodique dans un centre de formation professionnelle pour adultes.

La situation d'apprentissage sera traitée ici comme permettant essentiellement *l'étude de la genèse d'une conduite nouvelle* et du passage d'un mode de régulation initial à un autre mode de régulation final.

I₂ Au niveau initial nous avons essayé d'analyser les conduites en faisant l'hypothèse d'un *déséquilibre transitoire*.

L'expérience quotidienne permet de constater que devant un objet, un fait, une connaissance *nouvelle*, un adulte peut manifester des conduites que l'on pourrait caractériser superficiellement de façon très négative : incohérence, illogisme... Certains auteurs ont décrit de telles conduites : Claparede (solution de paresse), Markova (refus de penser), Wason (régression intellectuelle), Rimoldi (comportements non scientifiques) et s'en sont quelquefois étonnés.

Ce type de conduite observé chez l'adulte devant une situation nouvelle est intéressant d'un double point de vue : d'un côté il soulève un problème de psychologie fondamentale, c'est-à-dire un aspect de la *régulation de la conduite* et d'un autre côté, du point de vue de l'application, il touche un problème auquel est directement confronté le formateur.

I₃ Cette hypothèse d'un déséquilibre transitoire s'est principalement

inspirée de la théorie opératoire de l'intelligence de Piaget. Cette théorie développe en effet, une conception du sujet, en caractérisant les types d'outils intellectuels qu'il possède et, à travers l'étude des modalités de la genèse de ces outils, elle expose une conception de l'équilibration et des différents mécanismes de régulation de l'activité cognitive.

Nous avons développé par ailleurs (Vermersch, 1973/2) plus en détail ces différents points et plus particulièrement le problème que pouvait soulever l'application des théories de Piaget à l'adulte.

L'adulte normal est supposé avoir accédé au stade opératoire formel, c'est-à-dire qu'il possède comme outils intellectuels divers schèmes opératoires formels du type combinatoire, opérations de la logique, etc. (Cf. Piaget, 1955) et peut régler sa conduite sur le plan de la représentation (Piaget, 1967) et donc avoir une régulation parfaite. Devant une situation de problème, il est supposé aller du possible au réel et conduire une démarche hypothético-déductive.

On peut appeler déséquilibre transitoire des comportements qui ne sont pas ainsi caractérisés. Ces comportements soulèvent alors le problème théorique du sens exact d'une fin de la genèse : nous l'avons abordé par ailleurs (Vermersch, 1973/2).

Une première façon de donner un sens au déséquilibre transitoire, c'est que le sujet devant une situation nouvelle doit, préalablement à la possibilité d'effectuer à propos de cette situation des calculs sur le plan de la représentation, intérioriser les propriétés et relations qui caractérisent la situation nouvelle. De ce point de vue, le déséquilibre transitoire apparaît comme assez normal.

Piaget attribue aux structures opératoires concrètes le rôle d'organiser la prise d'information et sa structuration par la mise en relation, la construction de classes, etc. Les outils mis en jeu seront les structures de classes, de relations, et les modalités de régulation se feront dans le sens du réel au possible.

Admettre l'existence d'un déséquilibre transitoire, c'est bien sûr faire en même temps l'hypothèse d'un *processus de rééquilibration*. Le problème à résoudre expérimentalement est celui de l'existence d'une stratégie de rééquilibration unique. Peut-on, par exemple, faire le parallèle entre l'ordre d'acquisition des outils et l'ordre de leurs applications, comme le montre A. Weill-Fassina, ou dans l'ordre inverse comme le suggèrent les travaux de J. Pailhous ?

La première possibilité tend à rapprocher l'analyse d'une situation d'apprentissage de l'analyse d'une *genèse* chez l'adulte. La seconde oriente plus directement vers le problème général de l'application des outils de connaissance, et B. Inhelder le dit explicitement, parlant de l'ensemble des recherches conduites à Genève : « Le travail d'analyse opératoire appelle un essai de synthèse fonctionnelle ».

I₄ Si le déséquilibre transitoire caractérise le phénomène initial, et la notion d'un processus de rééquilibration l'évolution qui suit, reste à savoir quel sera chez l'adulte le niveau d'équilibre final. Car si, potentiellement, ce niveau final peut correspondre à l'élaboration de nouveaux schèmes opératoires formels, on peut imaginer que si le sujet pour être

adapté (et plus particulièrement de son seul point de vue) n'a pas besoin de construire des schèmes d'un tel niveau, il réglera sa conduite à un autre niveau. Pour pouvoir apprécier expérimentalement ce dernier point, il faut se donner la garantie d'une situation où le sujet évolue le plus spontanément possible.

Ce point mérite d'être souligné, puisqu'il motive le fait que nous ayons travaillé sur le terrain, dans des conditions assez contraignantes. Il n'est pas du tout certain en effet, que ce type d'étude mette en jeu les mêmes mécanismes intellectuels faits en laboratoire et conduits sur le terrain. Dans le premier cas, on aura affaire à un sujet apprenant le manie-ment de l'appareil sans qu'il soit inséré dans un milieu de formation, sans finalité pratique. On peut se demander quelles sont les motivations secondaires qui peuvent se développer et aiguiller le sujet vers des attitudes que spontanément il ne développerait pas. La suite de notre exposé montrera qu'en particulier pour l'appréciation du niveau final atteint au cours de l'apprentissage ce type de précaution paraît indispensable, puisque les sujets n'essaient précisément pas de réussir au maximum de leurs possibilités.

Ce que nous venons de dire est en fait valable pour l'étape initiale comme pour la stratégie de rééquilibration, au moins comme précaution méthodologique.

De plus, l'apprentissage d'un appareil est une situation relativement close et bien définie, à la fois dans son objet et dans le temps.

Enfin l'oscilloscope cathodique, dans la formation des électroniciens, est un appareil de base, très utilisé dans toutes les conditions de travail ; son utilisation est répétitive. On peut donc s'attendre à ce que les conduites s'y rapportant se stabilisent et que l'on puisse caractériser assez précisément un stade final. Nous essaierons de montrer que ce stade final correspond à la construction d'un algorithme.

Ces arguments justifient le choix d'une situation concrète en général par rapport à notre problématique. Mais le choix spécifique comme objet d'étude de l'apprentissage de l'*oscilloscope cathodique* est, lui, motivé, mais à un autre point de vue. Dans une perspective d'application, il est intéressant de s'attacher à une situation qui présente des difficultés d'apprentissage de l'avis même des enseignants et des stagiaires. Cet appareil est un peu le prototype d'une classe d'appareils de plus en plus courants dans les situations de travail et même plus généralement dans notre civilisation. On peut le caractériser essentiellement par le fait que la logique de son fonctionnement n'est accessible que par un corps de concepts théoriques assez élaborés. C'est, comme le dit Bachelard, une théorie matérialisée. De ce fait, l'interface qu'il présente sous la forme d'un tableau de boutons n'est pas directement signifiante et *ne permet pas d'organiser directement la conduite*. Nous avons analysé par ailleurs l'utilisation élémentaire de cet appareil (cf. en annexe).

I, Résumé du contenu enseigné.

Les stagiaires abordent l'appareil en disposant d'une information sur ses *principes* ; ils ont étudié les *phénomènes physiques* rendant possible

le fonctionnement ; ils ont abordé la *logique de chaque fonction*, sa nécessité.

Ceci constitue un premier corps de connaissances que l'on pourrait appeler théorique.

Enfin, la notice technique leur apporte une information sur les caractéristiques techniques de l'appareil et même la liste des boutons et une séquence d'opérations pour la mise en marche.

Il est frappant de noter qu'à ce stade toute l'information nécessaire semble avoir été donnée, mais *séparément*. Par exemple, dans le même document (où on a la liste des boutons et une séquence de manipulation), cette séquence n'est pas *explicitement motivée* ni par rapport aux principes physiques caractérisant l'action des boutons, ni par la logique de chaque fonction.

Apparemment, compte tenu de cet ensemble d'informations important et qui a été abordé plusieurs fois, un stagiaire devrait avoir tous les éléments pour exécuter une mise en marche correcte. *La seule information qui lui manque est de connaître la disposition matérielle de la platine et d'avoir mis en relation par sa propre action la manipulation d'un bouton avec l'effet visualisable.*

Nous n'avons pas vérifié de façon précise les connaissances théoriques assimilées. Si le sujet ne sait pas utiliser les boutons de façon appropriée, on ne saura donc pas si c'est par manque de connaissances théoriques, ou par absence de mise en relation entre les connaissances théoriques et l'action sur un appareil concret.

La quantité d'informations reçues au départ, sa redondance, nous font pencher pour la deuxième hypothèse. Elle est étayée par le fait que les stagiaires ne recevront pas de nouvelles informations sur la logique de fonctionnement, et que le thème de la manipulation n'est pas propre à soulever des questions sur ces aspects. Cependant le niveau final, comme nous essayerons de le montrer, est homogène.

II. MÉTHODE EXPÉRIMENTALE

II₁ *Variable expérimentale.*

Nous avons joué essentiellement sur la *variable temps*. C'est-à-dire que nous avons examiné des *sujets différents* à trois moments successifs de l'apprentissage initial.

II₂ *La tâche.*

Tous les sujets travaillaient sur le même oscilloscope que celui avec lequel l'apprentissage se fait. On demandait de régler l'appareil de façon à obtenir une trace stable sur l'écran. L'appareil était déréglé pour tous les sujets de la même façon.

Cette tâche oblige les sujets à utiliser toutes les fonctions de l'appareil et à montrer ainsi la connaissance qu'ils ont de ces fonctions. La tâche n'est réalisable que si plusieurs boutons sont placés *ensemble* dans une

position correcte. Une partie des manipulations se fait donc en aveugle, c'est-à-dire qu'à une action du sujet (tourner un bouton) ne correspond immédiatement aucune modification visible sur l'écran.

Précisons encore que cette tâche correspond à une activité de base dans l'utilisation quotidienne de l'oscilloscope, puisque elle est un préalable à toute mesure (voir en annexe l'analyse de la tâche et le schéma de l'appareil utilisé).

II₃ Procédure.

Tous les sujets disposaient d'un temps limité de 10 minutes. On précisait au sujet qu'il devait obtenir une trace stable sur l'écran, l'appareil étant normalement branché et strictement semblable à celui utilisé pendant l'apprentissage. Si le sujet obtenait un point, on lui demandait d'obtenir une ligne. L'expérience se déroulait dans la classe pendant les travaux pratiques.

II₄ Sujets.

Tous nos sujets sont des stagiaires du Centre de formation pour adulte (A.F.P.A.) de Champs-sur-Marne (94). Ils sont recrutés au niveau baccalauréat et sélectionnés à partir d'épreuves psychotechniques et de connaissances (math, électronique, mécanique). Ce mode de recrutement garantit a priori une certaine homogénéité de la population. Aucun des sujets examinés n'avaient utilisé d'oscilloscope auparavant.

Nous avons constitué trois échantillons indépendants B₁ : M = 4 ; B₂ : N = 4 ; B₃ : n = 6 (1). Chaque échantillon était caractérisé par le moment d'intervention du cours de l'apprentissage, ce que résume le schéma ci-dessous.

Message pédagogique de l'appareil B ₁ éteint	Exploration	Exploration de l'appareil B ₂ allumé	Exécution des thèmes de TP B ₃
0	30'	30'	1 h 30

Déroulement de l'apprentissage.

(1) Nous avons parlé des contraintes de terrain dans notre présentation : la faible taille des échantillons est une de ces contraintes. Nous avons travaillé avec deux classes de 16 (même enseignant) dont la moitié des élèves au moins avait déjà utilisé un oscilloscope, ce qui est une première limitation. D'autre part, sur la moitié restante, on n'a pris que des volontaires, deuxième limitation. Enfin, l'expérience se déroulant pendant la classe, il n'était pas possible de ralentir le déroulement de l'apprentissage et donc à un moment donné il n'était pas possible dans une même classe de voir plus de deux sujets successivement, puisque, autrement, cela n'aurait pas correspondu à la définition de l'échantillon. Et c'est ce qui explique que pour B₃, qui se déroulait en fin de séance, nous avons pu voir un sujet de plus dans chacune des classes, d'où n = 6. Ces contraintes, assez sévères, sont largement compensées par la possibilité de travailler sur un apprentissage réel, finalisé de façon précise par un objectif professionnel clairement défini et condensé en une période de temps limité.

II₅ Hypothèse.

Les caractéristiques de notre recherche, qui essaie de se placer dans une perspective théorique à partir de l'analyse d'une situation réelle, font que, nécessairement, certaines hypothèses sont à plusieurs niveaux et que, non moins nécessairement, certaines de ces hypothèses présentées maintenant pour la commodité de la lecture, n'ont été en fait précisées qu'après coup.

Un premier niveau théorique général.

Nous faisons l'hypothèse :

— de l'existence au niveau initial de comportements de déséquilibre transitoire ;

— de l'existence d'un processus de rééquilibration progressif.

Un second niveau théorique spécifique.

Il ne pouvait être formulé qu'après coup. En effet, les deux hypothèses très générales que nous venons d'énoncer sont valables quelle que soit la situation nouvelle, mais il est très probable qu'il existe des classes de contenus mettant en jeu des outils, des mécanismes intellectuels différents. On peut, pour illustrer ce fait, citer, à partir des travaux de Piaget, la différence entre logico-arithmétique et physique, avec en plus la situation charnière particulière du spatial.

Et pour transformer en hypothèse opérationnelle nos deux hypothèses générales, il fallait *pour la première*, préciser quels étaient les types d'outils mis en jeu et les mécanismes de régulation ; *pour la seconde*, préciser par exemple une attente sur la stratégie de rééquilibration. Pour ce faire, il aurait fallu pouvoir tenir compte du degré de spécificité de notre situation expérimentale. Or, nous ne disposons pas d'une typologie des tâches fondées sur les mécanismes intellectuels mis en jeu d'une part, et d'autre part nous n'avons pas pu nous resituer par rapport à d'autres travaux, comme A. Weill-Fassin (1969) avait pu le faire en utilisant des résultats trouvés chez l'enfant.

Nous pouvons maintenant apporter quelques précisions qui serviront de clef pour la lecture des résultats.

a) *Au niveau initial*, nous essaierons de montrer qu'il existe bien un déséquilibre transitoire. Il se manifeste par l'utilisation de schèmes de type simplement manipulateur, par un essai d'action directe. En conséquence l'action sera réglée essentiellement par les propriétés les plus extérieures de l'appareil, c'est-à-dire la disposition des boutons en bande horizontale. Liées à cela, il n'y a pas de stratégie organisée de recueil de l'information et pas de lecture de l'information. On pourrait résumer cela en caractérisant le niveau initial par une régulation en boucle courte, n'impliquant pas un calcul au plan de la représentation.

b) *Au niveau final*, la régulation se fait par une boucle longue faisant intervenir la représentation.

c) Nous essaierons de montrer les étapes du passage du niveau initial au niveau final d'un mode de régulation à un autre conditionné essentiellement par l'intériorisation progressive des propriétés et relations de l'appareil.

III. RÉSULTATS

Présentation.

Les résultats seront d'abord (III₁) abordés d'un point de vue de la performance globale sous la double forme : 1) de la réussite ou de l'échec ; 2) du temps de réussite. Cette étude de la performance globale permettra d'apprécier l'existence d'un effet d'apprentissage. Ensuite (III₂) nous essaierons d'inférer du type de manipulation observée quelle est la connaissance que les sujets ont des propriétés de l'appareil aux différents stades de l'apprentissage. Le paragraphe suivant (III₃) ajoutera à cette estimation des informations susceptibles de soutenir une hypothèse d'intériorisation progressive des connaissances, en utilisant l'analyse comparée du réglage de l'appareil bouton par bouton ou fonction par fonction.

L'étude de l'enchaînement des opérations (III₄) ainsi que l'étude des erreurs esquissées (III₅) sera faite dans le but de préciser les hypothèses relatives au passage d'un mécanisme de régulation de l'action à un autre.

III₁ *Vérification d'un effet d'apprentissage. Etude de la réussite et du temps d'exécution.*

Du point de vue de la réussite : elle est admise quand le sujet a pu faire apparaître une trace stable et nette, puis une deuxième (correspondant à l'existence d'un double canal).

TABLEAU I
Evolution de la réussite

	B ₁	B ₂	B ₃
Tout réussi ...	0	3	6
Autres	4	1	0

Comme on le voit sur le tableau 1, les trois échantillons sont en colonne et correspondent donc à la période d'apprentissage. En ligne, sur la première, le nombre de sujets ayant réussi à obtenir les deux traces, sur la seconde tous les autres cas (échec aux deux, réussite à la première, échec à la seconde).

On peut comparer B₁ et B₂ sous l'hypothèse nulle qu'il y a autant de « tout réussi » que de « autre » dans chaque échantillon. Le test de Fischer permet de calculer la probabilité exacte $p = 0,027$. On peut donc rejeter l'hypothèse nulle.

De même si l'on compare B_2 et B_3 , $p = 0,4$: on ne peut pas dans ce cas rejeter l'hypothèse nulle.

La différence de réussite est donc surtout sensible entre B_1 et B_2 .

Du point de vue du temps d'exécution : l'épreuve étant en temps limité, nous n'avons retenu que le temps des réussites.

TABLEAU II
Evolution du temps de réussite

	n	OBTENTION de la 1 ^{re} trace		OBTENTION de la 2 ^e trace	
		m	α	m	α
B_1	2	427,5	95,45	—	—
B_2	3	171,6	14,4	233,3	128,6
B_3	6	61,5	21,8	77,1	33,8

Le tableau 2 montre que le temps d'exécution diminue de façon très sensible au cours de l'apprentissage. Si l'on compare la réussite entre B_2 et B_3 (H_0 : absence de différence) la différence est significative à .01 pour la première trace ($t = 35,09$, $dl = 7$) et pour la deuxième trace ($t = 23,27$, $dl = 7$) $\alpha = .01$; $t = 3,50$.

En résumé l'effet d'apprentissage paraît indéniable.

III₂ Evolution de la connaissance des propriétés des boutons en fonction de l'apprentissage. Homogénéité du niveau final et concordance avec l'analyse a priori de la tâche.

a) Choix des critères comportementaux et interprétation :

Le choix des critères permettant d'inférer le niveau de connaissance des propriétés des différents boutons a été fait à partir de l'analyse de la tâche. Ce choix aurait été discutable — partant d'un point de vue normatif a priori — s'il n'avait pas été corroboré par la concordance entre les conduites du niveau final observé et l'algorithme défini a priori. Se basant sur une connaissance précise des boutons, cet algorithme supposait :

— que des boutons ne devaient pas être manipulés. Il y a donc des boutons pertinents à la tâche et des boutons non pertinents (par exemple si l'on n'injecte pas de signal à l'entrée de l'appareil — ce qui est le cas — il n'est pas nécessaire de se servir du bouton d'amplification).

— que les boutons pertinents sont positionnés directement dès la première manipulation. Ce qui est rendu possible par le fait que pour chaque bouton il existe une valeur seuil de réglage a priori et que la

position de chaque bouton, étant repérée par rapport à un cadran, la lecture de la position initiale peut être faite par l'élève et modifiée de façon adaptée.

Pour caractériser la connaissance que le sujet a des propriétés des boutons, nous avons retenu les critères comportementaux suivants :

1. — *Le type de la première manipulation :*

— Soit positionnement sur une valeur ou une zone de valeur précise avec un geste unique, net, permettant d'inférer que le sujet a assimilé les propriétés du bouton correspondant.

— Soit balayage de toutes les valeurs du bouton une ou plusieurs fois, comme si le sujet s'attendait à un effet en partie aléatoire, ou bien à un effet qui serait indépendant du positionnement des autres boutons (ce positionnement étant nécessaire à la réalisation du réglage qui rend possible la visualisation de l'effet d'un bouton particulier).

2. — Pour affiner ces critères, nous avons tenu compte de la répétition ou non des mêmes manipulations.

L'intérêt de ce second critère est de pouvoir différencier les cas où la première manipulation est un positionnement précis mais non intentionnel (on peut alors s'attendre à ce qu'il soit suivi de manipulations répétées) des cas où ce positionnement initial correspond à une connaissance réelle et part d'un projet de réglage précis.

Si l'on se réfère au tableau présentant les manipulations pertinentes, on n'observe qu'un seul cas avec balayage initial et absence de répétition : cela valide la cohérence des critères choisis comme sources d'inférence du niveau de connaissance.

3. — Enfin pour les *boutons non pertinents*, nous retiendrons un *troisième type de manipulation*. Ce sont les cas où l'expérimentateur a pu noter un geste seulement esquissé, ou bien un geste où la main reste posée sur un bouton sans qu'il y ait finalement de manipulation. Ce critère peut prendre le sens d'une erreur esquissée mais pas réellement commise. L'intérêt de ce troisième critère sera développé dans le cadre interprétatif que nous proposerons plus loin.

4. — Un dernier critère qui permettra de corroborer les premiers sera celui du nombre d'opérations effectuées pour aboutir au résultat. Le minimum, compte tenu du positionnement unique, est de 7 (mise en marche, cadrage X, cadrage Y, intensité, focalisation, base de temps, synchronisation).

b) *Analyse de l'évolution de la connaissance des boutons.*

1. — *Le type de manipulation des boutons pertinents est lié au temps d'apprentissage.*

Le tableau III indique l'évolution du type de manipulation. En colonne les trois échantillons, en ligne les différents types de manipulation définis en a). Le χ^2 est calculé sur les deux premières lignes.

Il correspond à des occurrences de type de manipulation, donc tous

TABLEAU III

Evolution du type de manipulation

		B ₁	B ₂	B ₃
Type de manipulation	Positionnement non répétition	2	10	22
	Balayage Répétition	12	4	1
	Autres	2	2	1

boutons confondus. On peut tester (1) l'hypothèse qu'il y a la même proportion de manipulations de chaque type dans chaque échantillon. $\chi^2 = 26,12$ pour dl = 2 ; pour $\alpha = .01$ $\chi^2 = 9.21$. Le test est significatif et on peut donc rejeter l'hypothèse nulle.

2. — *Le nombre de boutons pertinents correctement manipulés croît avec l'apprentissage.*

TABLEAU IV

Evolution du nombre de boutons pertinents correctement manipulés

Chi carré = 13.3 dl = 2 S

Pour $\alpha = .01$ chi carré = 9.21

	B ₁	B ₂	B ₃
Positionnement et non répétition	2	10	22
Effectif théorique	8	8	12

Le tableau IV indique pour chaque échantillon, à la première ligne, le nombre de manipulations correctes observées (positionnement et absence de répétition et, en seconde ligne, le nombre de manipulations correctes attendues sous l'hypothèse nulle d'une répartition équiprobable des manipulations correctes et incorrectes des boutons pertinents.

3. — *La présence de manipulations non-pertinentes effective (compte non tenu de la catégorie des erreurs « esquissées ») est liée à l'apprentissage.*

(1) Le risque de biaiser le sens du χ^2 effectué est faible, car une grande différence entre deux cases ne peut pas être due à un seul sujet :

1° chaque sujet ne peut pas avoir plus de quatre occurrences ;

2° il est possible d'identifier le nombre de sujets correspondant à chaque case.

TABLEAU V

Evolution du nombre des manipulations non pertinentes

Chi carré = 33.45 dl = 2 S

Pour $\alpha = .01$, chi carré = 9.21

	B ₁	B ₂	B ₃
Manipulés	22	9	6
Non manipulés	2	15	30

Les résultats 1, 2, 3 du tableau V confirment l'effet d'apprentissage. Ils montrent qu'il y a progressivement un *usage différencié* de l'ensemble des boutons de la platine avant et, simultanément, une *utilisation des boutons pertinents de plus en plus correcte* (positionnement simple, sans répétition).

III₃ *Connaissance des boutons et connaissance des fonctions : intériorisations.*

a) *Le cadre d'interprétation et le choix des critères comportementaux.*

L'analyse de l'utilisation de l'oscilloscope peut se faire soit boutons par boutons, soit en terme de fonction.

Il est intéressant d'étudier le cas de deux fonctions où matériellement l'analyse par boutons et par fonction ne coïncide pas. En effet, dans le cas de la fonction de cadrage et dans le cas de la fonction « trace », on a pour une même fonction deux boutons différents plus ou moins dissociés spatialement. (cf. la platine avant de l'appareil reproduite en annexe).

On a là une situation où l'on peut discriminer entre un sujet qui règle bouton par bouton et un sujet qui règle fonction par fonction. En effet, dans ce dernier cas, on peut s'attendre à ce que le sujet *manipule successivement les boutons appartenant à une même fonction. Dans ce cas, puisque la fonction n'est pas matérialisée, elle ne peut exister que par rapport à la représentation que le sujet a des propriétés et relations de l'appareil.* Cette interprétation du passage sur le plan de la représentation sera corroborée si nous pouvons montrer que l'on a en même temps : 1) manipulations consécutives des boutons d'une même fonction et 2) un type de manipulation correcte (cf. III₂ positionnement sans répétition) et inversement.

On a donc quatre cas possibles résumés dans le tableau VI.

Les deux cases — et + seront dites homogènes (correspondant à la vérification de notre hypothèse). Les deux autres combinaisons seront codées hétérogènes. En fait, on a un seul cas contradictoire avec nos

hypothèses (balayage et répétition et C) : encore s'agit-il d'un sujet dans le 3^e échantillon en fin d'apprentissage.

TABLEAU VI
Cas possibles de manipulation

	MANIPULATION consécutive C	MANIPULATION non consécutive — C
Balayage et répétition		—
Positionnement et non répétition	+	

b) *Résultats.*

1. — On a une première confirmation de notre interprétation : *le critère de manipulation consécutive est lié au type de manipulation* (tableau VII).

Ce qui peut se traduire par le fait que le nombre des cas codés homogènes diffèrent significativement du hasard, sous l'hypothèse nulle d'équipartition.

TABLEAU VII
Lien entre critère de type de manipulation et juxtaposition

Chi carré = 9.75 dl = 2
Pour $\alpha = .01$ chi carré = 9.21

		B ₁	B ₂	B ₃	24
Effectif calculé	+ ou —	8	7	9	
Effectif théorique ..	Homogène	4	4	6	

2. — *Les échantillons sont différenciés par rapport aux catégories homogènes + et homogènes —* (tableau VIII).

TABLEAU VIII
Répartition des H + et H — suivant les échantillons

	B ₁	B ₂	B ₃
H +	0	5	9
H —	8	2	0

On peut comparer B_1 et B_2 sous l'hypothèse nulle qu'il n'y a pas de différence de répartition des catégories $H +$ et $H -$. Le test de Fischer permet de calculer la probabilité exacte $p = .007$. On peut donc rejeter l'hypothèse nulle.

De même si l'on compare B_2 et B_3 , $p = .002$: on peut là aussi rejeter l'hypothèse nulle.

Ces résultats confirment la validité des critères relatifs aux types de manipulations. Ils sont limités nécessairement aux deux fonctions cadrage et trace, mais peuvent être généralisés de façon assez plausible à l'ensemble des autres fonctions. *On peut alors dire que l'amélioration de la connaissance des boutons s'accompagne d'une intériorisation de ces connaissances et de la construction sur le plan de la représentation d'une organisation par fonction des boutons.*

III₄ Analyse de l'enchaînement des opérations en liaison avec l'organisation spatiale de la platine avant. Première formulation d'une hypothèse sur la nature du déséquilibre transitoire et les outils mis en jeu.

Le but de ce paragraphe est d'analyser l'enchaînement des opérations de réglage. La présentation des données sera faite par rapport aux différents temps de l'apprentissage B_1 , B_2 , B_3 , mais leurs organisations auront pour finalité de montrer que la logique des enchaînements du premier niveau est étroitement dépendante des propriétés les plus extérieures du réel, pour progressivement retrouver une logique des fonctions dépendant d'un plan d'action (un algorithme) qui s'est constitué chez le sujet parallèlement à l'intériorisation des connaissances (soulignée au paragraphe précédent).

a) *Analyse de l'enchaînement au niveau initial.*

Au niveau initial B_1 , la recherche d'un fil conducteur pour l'analyse de l'enchaînement des opérations nous est apparu extrêmement problématique. Les difficultés viennent du nombre important de manipulations et de l'obstacle a priori à chercher à mettre en évidence ce qui guide l'action du sujet, alors que l'on peut supposer que précisément ce sujet n'a pas encore constitué de structure très organisée de ce domaine de connaissance nouveau. A cela s'ajoute le fait que rien n'empêche le sujet de manipuler n'importe quel bouton autant qu'il le veut. En effet, l'ordre de nécessité auquel l'utilisation de l'appareil est relié n'est pas d'ordre matériel (obstacle de verrous par exemple) ni spatial (labyrinthe par exemple) mais de type fonctionnel.

Ces différents arguments rendent assez évident, a posteriori, que l'organisation de la séquence de manipulation ait pu être mise en évidence — comme nous allons essayer de le montrer — par rapport aux propriétés de l'appareil comme objet physique. Nous avons analysé la suite des opérations de la *séquence initiale* (1) en traçant l'actographe

(1) La séquence initiale sera limitée à la suite des opérations jusqu'aux premiers retours en arrière.

par rapport à la platine avant. On obtient ainsi la trajectoire spatiale décrite par la suite des manipulations. (Cf. tableau IX en annexe).

Ces résultats ne se laissent pas aisément résumer par un indice. Les schémas ci-contre montrent la concordance entre l'ordre des opérations et l'organisation de la platine en niveaux horizontaux ; ces derniers niveaux n'ayant pas de signification fonctionnelle réelle.

Trois des sujets enchaînent leurs opérations en traitant systématiquement tous les boutons situés sur le même niveau, avec une seule transition avec le niveau suivant.

Le quatrième sujet du premier échantillon est moins systématique et traite en deux parties qui restent quand même du même type que les précédentes.

On ne trouve, par contre, aucune trajectoire aussi systématique dans les échantillons suivants. Les régularités que l'on peut observer sont dues, par exemple, à la juxtaposition des opérations de cadrage — qui se font suivant un axe vertical — enchaînées avec les opérations de réglage du faisceau (fonction trace). Par ailleurs, l'espace de la platine est parcouru par des gestes dont les trajectoires sont très diverses.

Cette analyse montre donc qu'à ce premier niveau les opérations effectuées par le sujet sont organisées par l'objet extérieur et non pas par un projet du sujet. Cette interprétation paraît cohérente avec le fait que tous les boutons sont manipulés de la même façon (III₂ balayage et répétition) sans différenciation. Il semble donc actuellement que l'on ait à ce niveau, d'une part, l'action du sujet organisée par les propriétés les plus extérieures de l'appareil (disposition des boutons en bandes horizontales) et d'autre part, en contre-partie, la mise en jeu chez le sujet des schèmes les plus élémentaires de type essentiellement manipulateur (moteurs) correspondant aux possibilités que présente l'appareil par rapport à un projet *d'assimilation directe et immédiate* (existence de boutons qui peuvent se tourner, d'interrupteurs qui peuvent se pousser...).

b) *Analyse de l'enchaînement des opérations du 2^e échantillon B₂.*

À la suite de la première formulation que nous venons de donner de notre interprétation des faits recueillis, nous organiserons l'analyse de ce niveau autour du *passage* entre le premier type de régulation de l'action du sujet que l'on vient d'examiner, lié aux propriétés du réel, et une régulation de l'action liée à un calcul sur le plan de la représentation rendue possible par l'intériorisation des connaissances.

Le 2^e échantillon apparaît composite, ce qui rend nécessaire l'examen de chacun des quatre cas.

Le sujet qui échoue semble être un cas particulier, tant du point de vue de l'apprentissage de l'oscilloscope (d'après les renseignements pris auprès de la psychologue du Centre et des enseignants) que de tous les autres apprentissages. Après son échec, il dira « je ne comprends pas, pourtant j'y suis arrivé tout à l'heure ».

Le sujet 4, dont les manipulations sont extrêmement répétitives, déclare à la question de l'expérimentateur : « Est-ce que vous avez essayé de suivre une méthode ? ».

S. : « Un peu au pif et puis après j'ai suivi quand même une petite méthode. J'ai touché un peu les boutons pour voir si toutefois quelque chose pouvait apparaître sur l'écran... ».

Cette verbalisation liée à un ensemble de manipulations très proches de celles observées au niveau initial (balayage et répétition) montre bien l'essai, de la part du sujet, d'obtenir directement un résultat sans tenir compte du système des relations qu'entretiennent les différentes fonctions.

Le sujet 10 obtient un point se déplaçant lentement au bout de 50 secondes, mais il lui faudra 155 secondes pour diagnostiquer l'opération correcte à faire pour obtenir une ligne, c'est-à-dire le calibre de base de temps. Cette lacune dans l'assimilation des propriétés de la fonction base de temps donne l'occasion d'observer des comportements que nous pourrions qualifier de transition. Le sujet parle d'un bouton qui ne doit pas avoir d'action pour ce qu'il veut obtenir : « celui-là ne sert à rien » (et le sujet manipule immédiatement pour vérifier et conclut alors à la justesse de son affirmation).

Nous interprétons un tel comportement comme témoignant de l'incapacité provisoire pour le sujet de régler son action entièrement sur le plan de la représentation. Ce sujet a déjà intériorisé un certain nombre de connaissances, suffisamment pour formuler un diagnostic correct (ça ne sert à rien) mais insuffisamment pour en être sûr (ce qui serait possible en effectuant la déduction) : il vérifie donc par une manipulation effective. C'est en ce sens qu'il peut être pris comme un comportement de « transition » entre deux systèmes de régulation.

Enfin le sujet 11 effectue la manipulation en verbalisant au fur et à mesure son action et en la commentant du point de vue de sa logique. On peut l'assimiler au niveau suivant.

En conclusion, l'étude de ce niveau montre bien qu'il s'agit d'un niveau de transition, donc nécessairement très composite.

c) *Analyse de l'enchaînement des opérations du 3^e échantillon B₃.*

L'analyse de ce troisième niveau sera centrée sur la comparaison entre les démarches observées et l'algorithme défini a priori (1).

Nous avons déjà un certain nombre d'informations allant dans le sens d'une concordance :

— l'analyse des manipulations a montré qu'elles étaient limitées à ce niveau (B₃) aux boutons pertinents, et qu'il n'y avait pas de répétition ;

— le nombre des opérations est en conséquence généralement proche du nombre d'opérations minimales ;

— la juxtaposition des boutons correspondants aux fonctions cadrage et trace prévues par l'algorithme a priori a bien été observée ;

— la juxtaposition des fonctions cadrage et trace a été observée *dans tous les cas* (prévue elle aussi dans l'algorithme a priori).

Dernier point à vérifier : nous avons supposé, lors de l'analyse

(1) On se reportera pour le détail de l'algorithme a priori à l'annexe I.

a priori, que d'un strict point de vue logique l'opération sur la fonction synchronisation pouvait ne pas être à une place déterminée (au début ou à la fin) et même, qu'étant donné le type de relations à la tâche, aucun ordre n'était matériellement contraignant.

Le tableau X indique, en colonne, les fonctions mises en marche, base de temps, synchronisation, et en ligne l'utilisation des boutons suivant qu'elle était faite au début, à la fin ou autres. Quand deux de ces opérations étaient consécutives elles ont été rangées dans la même catégorie temporelle.

TABLEAU X
Répartition dans le temps des différentes fonctions

	FONCTIONS ÉTUDIÉES			
		Mise en marche	Base de temps	Synchro
Position dans la série des manipulations	Début	5	2	2
	Autre	2	0	4
	Fin	0	5	1

a) La répartition n'est pas groupée comme l'algorithme a priori le laissait prévoir (cf. annexe où cet algorithme est étudié).

b) Chaque fonction a une tendance à se répartir suivant un moment préférentiel. Mais il faudrait, sur ce point précis, un grand nombre de sujets pour conclure sur l'existence d'une localisation temporelle préférentielle.

En conclusion, on peut dire que la concordance avec l'analyse a priori est assez bonne. Cela nous semble témoigner du fait que les sujets règlent leur action par rapport à un projet constitué, donc à partir du calcul effectué sur le plan de la représentation, terme, du point de vue des mécanismes de régulation de l'action mis en jeu successivement (ce qui ne préjuge pas du niveau de structuration des connaissances intériorisées).

III₅ *Quelques résultats pouvant confirmer notre interprétation. L'analyse de l'apparition des erreurs esquissées. Analyse des actographes.*

Les erreurs esquissées nous semblent être l'indice d'une étape de transition entre l'abandon d'un mode de régulation fondée sur l'essai d'assimilation directe du réel, et dépendant de façon prépondérante des propriétés spatiales (les plus extérieures) de ce réel, et l'accession à un mode de régulation partant d'un calcul sur le plan de la représentation.

Cette catégorie représente un niveau où le calcul sur le plan de la représentation n'est pas assez rapide ou sûr pour inhiber totalement l'action manipulative témoin du mode de régulation précédent, mais il est suffisamment important pour que cette action ne s'achève pas.

Cette interprétation peut s'appuyer sur deux types de données (tableau XI) :

a) On ne rencontre d'erreurs esquissées que chez des sujets ayant réussi la tâche et surtout au niveau final.

TABLEAU XI

Evolution des types d'erreur

Chi² = 21.63 (corrigé)

Pour $\alpha = .001$ dl = 2 chi² = 13.82

	B ₁	B ₂	B ₃
Nombre d'erreurs esquissées	0	2	14
Nombre d'erreurs effectuées	22	9	6

b) Si l'on trace l'actographe des séquences de manipulation par rapport à la disposition en bandes horizontales des boutons de la platine, la majeure partie des erreurs esquissées sont incluses dans une séquence de type « déplacement horizontal ».

TABLEAU XII

Actographe des erreurs relatif à la loupe magnétique

SUJETS (B₃)

10	5	2	③	4
5	1	2	③	4 5
12		9	⑧	10
4			⑬	14 15
14		9	⑩	3

Nous n'avons fait cette exploitation que pour les boutons « loupe magnétique » et « amplification », qui peuvent précisément aisément se resituer par rapport à une ligne horizontale de boutons.

Loupe magnétique (tableau XII).

Chaque schéma correspond à la première bande de boutons disposés suivant un axe horizontal, les numéros correspondent à l'ordre des manipulations, le numéro entouré d'un cercle correspond à l'opération sur la loupe magnétique.

Amplification verticale (tableau XIII).

Dans le cas de S₄, il utilise les deux bandes horizontales symétriques correspondant au bicanal.

Le fait que ces erreurs esquissées puissent être resituées dans une

TABLEAU XIII

Actographe des erreurs relatif à l'amplification verticale

SUJETS (B₃)

4					
			⑧	7	
			⑪	10	12
5	10				
	9	11	⑦	6	8
			12		
12					
			⑦	5	6

séquence liée à la disposition des boutons peut être interprété comme le passage momentané à un mode de régulation proche de celui mis en jeu au niveau initial.

IV. — CONCLUSION

IV₁ *Le déséquilibre transitoire.*

L'analyse que nous avons faite de l'enseignement a montré (cf. 1₅) que la seule chose qui n'était pas enseigné concernait *les effets* de cha-

que bouton, tels qu'on peut les visualiser sur l'écran lors de leurs manipulations. A aucun moment une séquence d'opération explicitement motivée du réglage de l'appareil n'a été étudiée.

Cependant il était plausible que cette séquence d'opération soit reconstruite par le sujet grâce à un calcul déductif, apparemment simple, toutes les données ayant été fournies par ailleurs. Si cela avait été le cas, tous les boutons n'auraient pas été traités de la même façon : il y aurait eu des différences entre les types de manipulation, suivant que telle ou telle fonction avait été plus ou moins bien assimilée.

Or, ce que nous avons observé, c'est précisément une non différenciation du traitement des boutons (*tous* sont manipulés avec balayage et répétitions).

La conduite des sujets, au niveau initial (échantillon B₁), doit donc s'interpréter non pas par rapport à une plus ou moins bonne connaissance des propriétés de l'appareil, mais par rapport à la mise en jeu d'un type de réglage de l'action qui ne tient pas compte, dans un premier temps, de ces connaissances. Les données recueillies sur l'enchaînement des opérations montrent que le type de réglage de l'action est dominé par les propriétés les plus extérieures à la logique fonctionnelle de l'objet : la disposition spatiale des boutons (dans la mesure où précisément cette disposition ne correspond pas à un aménagement fonctionnel). En contre-partie, le sujet met en jeu des schèmes les plus élémentaires correspondant à un essai d'assimilation directe de la difficulté, avec prédominance de la recherche *d'un effet* (manipulations dans tous les sens de tous les boutons, sans tenir compte d'autres facteurs possibles)

IV₂ *Processus de rééquilibration.*

L'interprétation que nous proposons du déséquilibre transitoire se pose donc principalement sur l'existence d'un mode de réglage de l'action très « primitif ». Cette interprétation peut trouver une confirmation dans la caractérisation des *conduites finales* et dans la possibilité de montrer le *passage* du niveau initial au niveau final.

La conduite finale a pu être caractérisée comme étant extrêmement concordante avec l'algorithme défini a priori. Cet algorithme suppose que l'action soit réglée par la logique des fonctions. On peut donc penser que les sujets du niveau final ont intériorisé les propriétés et relations de l'appareil, et de ce fait l'action est réglée suivant ce que l'on pourrait qualifier « de boucle longue », impliquant un calcul au plan de la représentation.

L'existence de conduites réglées de cette manière, mais montrant des « adhérences » au niveau précédent (présence d'erreurs esquissées, le fait qu'elles soient incluses dans des séquences réglées par la disposition spatiale, la vérification manuelle pour être sûr), nous semble être des indices du passage d'un type de régulation à l'autre.

IV₃ *Le niveau terminal observé et la dynamique de l'intériorisation.*

Le niveau final observé montre, nous l'avons dit, une grande cohé-

rence : le problème est de savoir jusqu'à tel point l'algorithme ainsi construit est motivé. Ce point est important puisqu'il conditionne l'interprétation que l'on peut donner du mécanisme de l'intériorisation.

Entre le niveau initial et le niveau final observé, aucune information supplémentaire n'a été donnée par les enseignants sur les différentes fonctions. Toute l'activité du sujet s'est concentrée, au deuxième niveau, sur l'exploration de la platine, l'appareil étant allumé. Puis les stagiaires ont réalisé les différents items du thème de laboratoire centré essentiellement sur les aspects métrologiques de l'appareil.

Deux éventualités nous semblent alors possibles :

- Au fur et à mesure que se déroule la manipulation, les connaissances théoriques se relient aux effets observés et les opérations sont motivées à la fois par des effets (1) et la logique de chaque fonction ;
- ou bien l'algorithme est entièrement fondé sur l'organisation progressivement construite des effets et les connaissances théoriques ne sont pas reliées. L'algorithme serait alors motivé uniquement par la régularité des effets obtenus.

Quelques observations nous font supposer que ce qui est en cause c'est encore le mode de régulation de l'activité du sujet.

Nous avons par exemple demandé à un professeur d'effectuer la même tâche en étant dans des conditions strictement semblables à celles de notre expérience. On observe, dans la séquence, un déroulement spatial le long de la première bande horizontale avec une esquisse de manipulation de la loupe magnétique, comme ce qui a été observé pour le niveau 3. Et toute de suite après s'être exécuté, l'enseignant s'écrie : « Oh ! mais là, je l'ai fait rapidement : si j'avais réfléchi, j'aurais procédé dans un ordre différent ». On ne peut douter que, dans ce cas, le sujet connaisse parfaitement la théorie et la pratique de l'appareil. Il peut pour régler son action utiliser deux systèmes différents, soit :

— traiter les boutons les uns après les autres en se guidant sur leurs dispositions spatiales (il peut alors y avoir des esquisses d'opérations non-pertinentes) ;

— soit traiter les fonctions les unes après les autres, en motivant l'ordre choisi, comme il a été fait dans la construction de l'algorithme a priori.

Une deuxième observation peut compléter cette analyse : il s'agit d'un stagiaire (lors d'une expérience conduite récemment) qui est dans la même situation, mais il a appris par cœur le contenu des deux polycopiés. Il utilise successivement les différentes fonctions et, à propos de la fonction trace, il dit (alors que le repère du bouton correspondant

(1) Nous appelons « effets » la mise en relation directe de la manipulation d'un bouton avec une modification visible de la trace sur l'écran ; la *logique de la fonction* s'appuyant sur les raisons pour lesquelles on peut obtenir ces « effets » par cette manipulation.

est complètement à gauche, donc à zéro, et que la lecture de cet indice est possible) : « Je vais régler l'intensité et le focus car *il se pourrait très bien* qu'ils soient mal réglés ». On a un sujet, ici, qui règle son action à partir d'un projet sans accommodation au réel, dont il ne perçoit pas les données.

IV₄ Niveaux de régulations de l'action.

L'ensemble de ces données analysées nous suggère le modèle suivant :

1°) Chez le sujet adulte coexistent plusieurs systèmes de régulations de l'action probablement hiérarchisés. Nous n'avons pas la prétention d'en faire une présentation complète, qui devrait tenir compte à la fois de l'ontogénèse des mécanismes intellectuels (Piaget) mais aussi des données de la défectologie (Jackson, Janet).

Aussi nous ne retiendrons que les deux types de régulations mis en évidence :

- une régulation « empirique » (qui part du réel) ;
- une régulation opératoire (qui part du possible).

2°) Dans la situation étudiée, les connaissances en jeu sont de deux sortes :

- des connaissances empiriques (les effets) ;
- des connaissances théoriques.

Au niveau initial.

Les connaissances théoriques *pourraient* constituer la base d'une régulation opératoire. Le fait qu'elles aient été mises en mémoire interne ne signifie peut-être pas forcément qu'elles soient intériorisées sous forme d'opérations (au sens piagétien) : or, pour pouvoir utiliser ces connaissances pour régler son action au plan de la représentation, il faut qu'elles soient organisées en structure et intériorisées. Pour cela il aurait fallu, en l'absence de tout support concret dans un premier temps, que ces connaissances soient prises comme *thème de réflexion* au niveau du possible, et que le sujet soit actif sur le plan de la représentation, ce qui représente une activité coûteuse et difficile.

Dans le cas du premier niveau, les connaissances empiriques (relatives aux effets sont nulles ou presque : le système de régulation fonctionne alors au niveau le plus élémentaire, par essai d'assimilation directe de l'objet par des schèmes manipulatoires.

Au niveau final.

Une régulation opératoire est possible, mais une régulation empirique qui consiste à traiter chaque bouton au fur et à mesure que l'on parcourt la platine suivant sa logique spatiale est possible aussi : mais elle est source d'erreurs potentielles dans la mesure où la logique spatiale des boutons ne correspond pas à la logique de la tâche à effectuer.

Cependant, la régulation opératoire peut être faite à partir d'un système de transformations intériorisées sur des données plus ou moins

motivées : ce système est certainement différent chez l'enseignant et les sujets observés au niveau final. En particulier, il semble que les connaissances empiriques construites à travers l'action du sujet soient les facteurs essentiels de construction de la régulation au niveau final observé. Les données nous manquent pour conclure sur ce point. Nous pouvons peut-être en accroître la plausibilité en citant deux cas étudiés plus tard dans des conditions semblables.

Il s'agissait chaque fois d'un binôme de stagiaires mal appareillé : un des deux stagiaires, connaissant déjà très bien l'utilisation de l'oscilloscope, ne laissait pas l'autre manipuler et donc ne lui permettait pas d'obtenir des résultats par ses propres manipulations. Dans les deux cas étudiés, les sujets « passifs » étaient incapables à la fin de la séance d'apprentissage de régler l'appareil.

IV₅ Application à la didactique.

Les difficultés d'apprentissage de l'oscilloscope nous paraissent exemplaires. De nombreuses situations d'apprentissage sont apparentées et, en particulier, toutes celles où la logique d'utilisation n'est pas directement connaissable, mais doit passer par une construction conceptuelle préalable. Cependant, les conclusions que nous venons de proposer ne prendront toute leur portée qu'au moment où d'autres études conduites dans le même cadre seront exploitées, c'est-à-dire l'analyse de l'évolution de l'apprentissage à plus long terme et l'étude d'une situation transfert.

Les répercussions sur une didactique possible sont déjà certaines. Le type de déséquilibre et la stratégie de rééquilibrage observée semblent montrer que le message théorique dissocié des conditions d'actualisation et surtout des *effets* observables est en grande partie sans aucun résultat. Par contre, l'utilisation systématique de conditions où le sujet rencontre l'obstacle du réel (appareil dérégulé, interdiction de manipuler sans justifier au préalable les opérations) pourraient contribuer au maximum à une intériorisation des propriétés et relations en rendant le sujet actif.

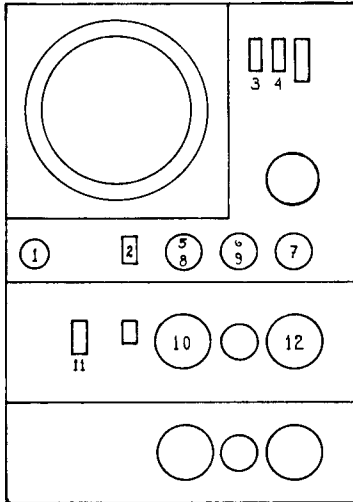
ANNEXE I

Algorithme de réglage de l'oscilloscope.

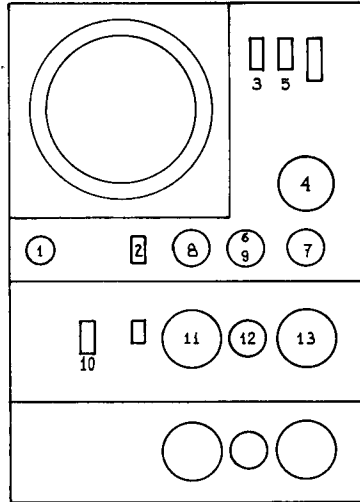
Le schéma I représente la structure d'ensemble de l'algorithme. Les carrés correspondent à une ou plusieurs opérations élémentaires à

TABEAU IX

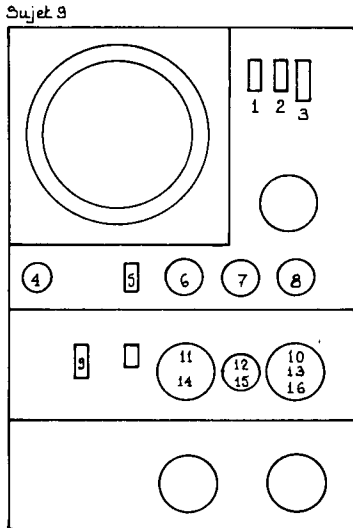
Actographie reportée sur le dessin de la platine schématisée



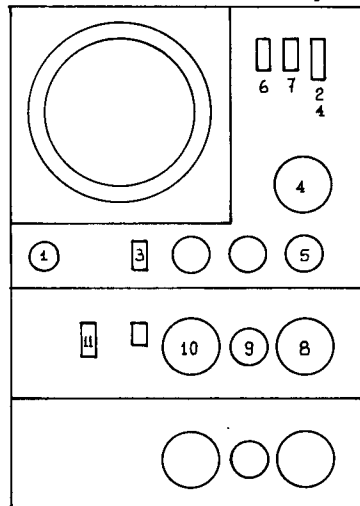
Sujet 1



Sujet 2



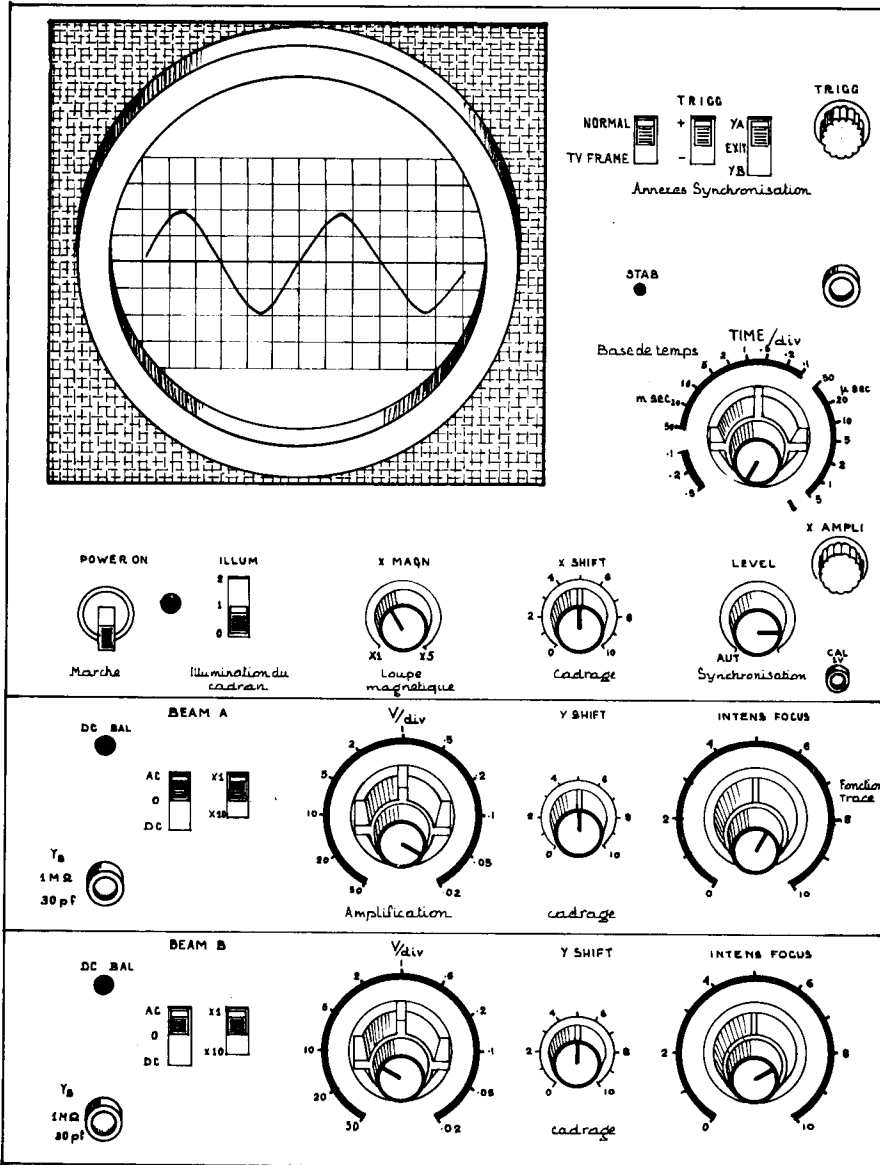
Sujet 9



Sujet 8

Indication pour les 4 sujets (1, 2, 8, 9) de l'ordre successif des manipulations par rapport à la disposition des boutons sur la platine

effectuer, les flèches indiquent une succession dans le temps : elles symbolisent des contraintes d'ordres uniquement. La flèche en pointillé est pour le cas où il y a une synchronisation automatique, auquel cas l'utilisation de cette fonction se limite à positionner un bouton sur les positions définies : cette opération est une condition nécessaire pour obtenir un résultat ; elle peut donc se placer dès le début dans la mesure



où elle correspond à un tout ou rien comme la fonction marche. (Schéma I : Structure d'ensemble de l'algorithme).

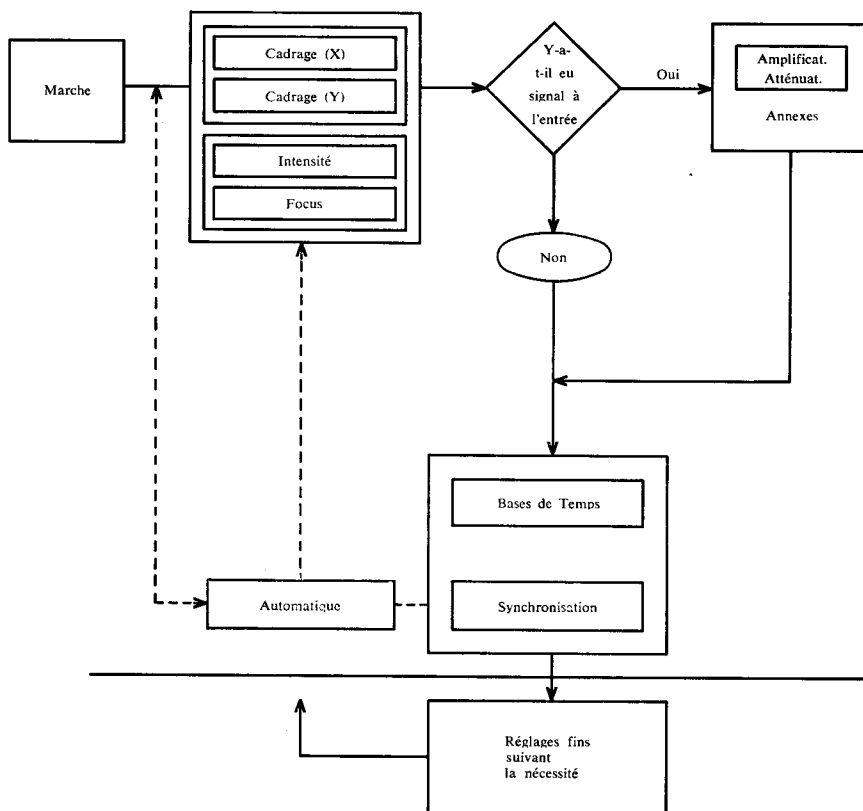
Nous pouvons maintenant décrire l'algorithme conseillé par les enseignants pour le premier sous-but : l'obtention de la trace. Le schéma II représente cette solution.

On peut attirer l'attention sur quelques propriétés de cet algorithme :

- tous les boutons existants ne sont pas utilisés ;
- chaque bouton utilisé est positionné sur une zone définissant un état ou une valeur seuil ;
- pour effectuer le réglage initial, l'algorithme ne contient pas d'opérations répétées.

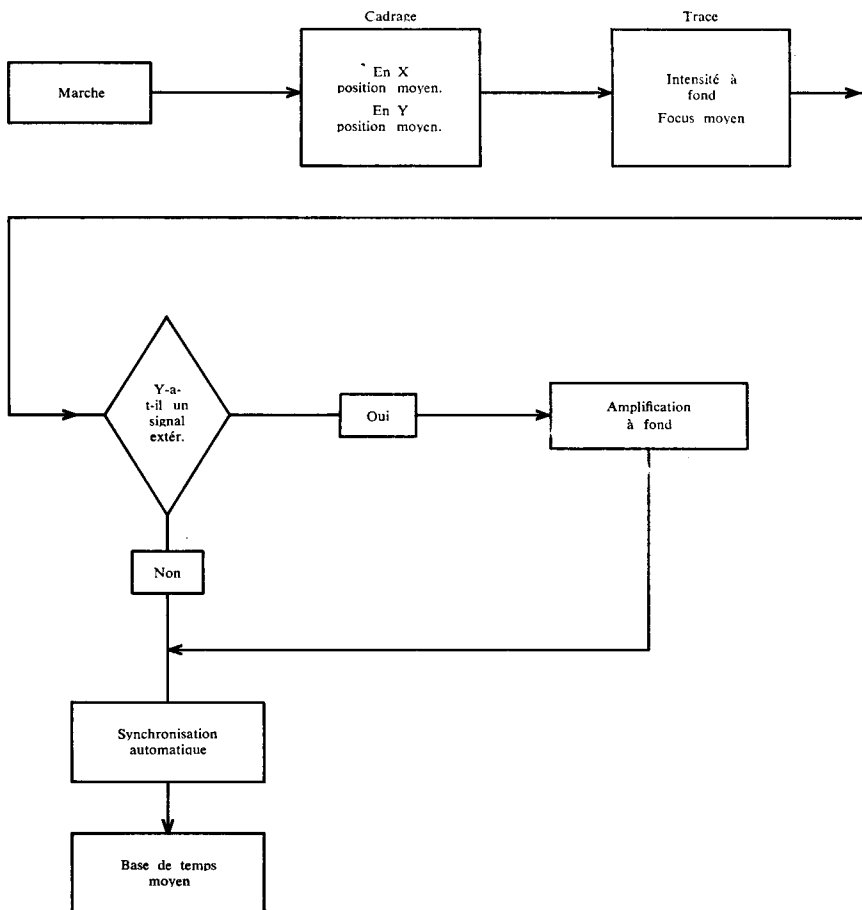
SCHÉMA I

Structure d'ensemble de l'algorithme



Cet algorithme est celui conseillé par les enseignants. Il correspond à une démarche raisonnable. Mais, si l'on tient compte du fait que la tâche est accomplie en aveugle et que matériellement les fonctions sont indépendantes, on pourrait obtenir le même résultat en opérant dans

SCHÉMA II



n'importe quel ordre. Et nous avons enregistré des séquences dont l'ordre était effectivement assez différent. Cela ne veut pas dire pour autant que n'importe quelle production pourrait être valable et qu'il est impossible pour l'expérimentateur de différencier une chronique au hasard de la chronique d'un sujet expérimenté. En fait, la probabilité pour qu'une série de manipulations soient justes suffisantes et non redondantes est extrêmement faible. L'étude des protocoles de sujets expérimentés montre un regroupement systématique des manipulations par fonction.

références bibliographiques

- BIRUKOV B., LANDA L.M., 1969. — *Analyse méthodologique du concept d'algorithme en psychologie et en pédagogie, en liaison avec les problèmes d'enseignement*. Traduction en français, UNESCO, 1970.
- CLAPARÈDE E. — La genèse de l'hypothèse. *Archives de Psychologie*, 1932.
- FASSINA A. — *Un intermédiaire dans le système homme-travail : le dessin technique*. Thèse de 3^e cycle, 1969.
- INHELDER B. — Les attitudes expérimentales de l'enfant et de l'adolescent. *Bulletin de Psychologie*, tome III, n^o 5, 1954, pp. 272-82.
- INHELDER B., PIAGET J. — *De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent*, Presses Universitaires de France, 1955.
- LUNZER E.A., HARRISON C., DAVEY M. — The four card problem and the generality of formal reasoning. *The Quarterly J. of Exp. Psychol.*, vol. 24, n^o 3, 1972, pp. 326-40.
- MOUNOUD P. — Développement des systèmes de représentation et de traitement chez l'enfant. *Bulletin de Psychologie*, vol. 25, n^o 5-7, 1971, pp. 261-272.
- PIAGET J., 1964. — Genèse et structure en psychologie de l'intelligence in *Six Etudes de psychologie*, Gauthier, 1964, pp. 164-81.
- PIAGET J., 1953. — Structures opérationnelles et cybernétiques. *L'Année Psychologique*, vol. 53, n^o 1, 1953, pp. 379-88.
- PIAGET J., 1941. — Le mécanisme du développement mental, *Archives de Psychologie*, tome 28, n^o 112, 1941, pp. 218-77.
- PIAGET J., 1959. — Apprentissage et connaissance, I : *Etudes d'épistémologie génétique*, n^o 7, Apprentissage et connaissance, 1959, pp. 21-51. II : *Etudes d'épistémologie génétique*, n^o 10, La logique des apprentissages, 1959, pp. 159-83.
- PIAGET J., 1972. — *Intellectual evolution from adolescence to adulthood human development*, vol. 15, n^o 1, 1972, pp. 1-13.
- PIAGET J. — Logique et équilibre dans les comportements du sujet, in *Logique et Equilibre, Etudes d'épistémologie génétique*, n^o 2, 1957, pp. 27-117.
- VERGNAUD G. — *La réponse instrumentale comme solution de problème : contribution*. Thèse de 3^e cycle, 1968.
- VERMERSCH P., 1972. — Quelques aspects des comportements algorithmiques. *Le Travail Humain*, vol. 34, n^o 1, 1971, pp. 157-76.
- VERMESCH P., 1972. — Quelques aspects des comportements algorithmiques. *Le Travail Humain*, vol. 35, n^o 1, 1972, pp. 117-30.
- VERMERSCH P. — La méthode des algorithmes. Construction et validation. *Bulletin de liaison pédagogique de l'Enseignement technique et de la Formation professionnelle*, 1973 a, 14 p.
- VERMERSCH P., 1973 b. — *Etude de l'apprentissage d'un algorithme*. Rapport interne du Laboratoire de Psychologie du Travail, 1973 b, 64 p.
- VERMERSCH P., 1973 c. — *Définition de l'algorithme de réglage de l'oscilloscope*, 1973 c, 13 p. (ronéoté).
- VERMERSCH P., 1973 d. — *Approche théorique des problèmes d'apprentissage complexe chez l'adulte. Essais d'application de la théorie de Piaget à l'adulte*, 1973 d, 16 p. (ronéoté).
- WASON P.C., 1969. — Regression in reasoning ? *British J. of Psychol.*, vol. 60, n^o 4, 1969, pp. 471-80.