

SPIRAL READER

(Rapport de visite et proposition de construction)

INTRODUCTION

Ce rapport a pour but de donner un résumé des possibilités de construction au CERN d'un Spiral Reader après une visite d'étude faite à Berkeley en mai 1966.

## 1. LE SPIRAL READER DE BERKELEY

### 1.1 Description générale

Le Spiral Reader (Mark I) décrit plus en détail dans d'autres articles, (nom officiel dans le groupe Alvarez "MP III") dans sa forme actuelle se décompose du point de vue construction en :

- a) La table de mesure équipée de réseaux Ferranti pour la mesure et de moteurs à circuits imprimés pour le contrôle des mouvements x et y.
- b) Le transport de film pour un film contenant les trois vues (72" chamber). Les trois presse-films sont montés sur la table a), les bobines sont fixes sur le châssis.
- c) Le système de projection, mouvement des boîtes à lumière, miroirs, objectifs.
- d) Le périscope équipé de codeurs rotatifs pour la mesure R et  $\theta$ , les moteurs pour la rotation de l'ensemble et le contrôle en R (balayage spiral).
- e) La chaîne de transmission TV.
- f) L'équipement pour la mesure des marques fiducielles.
- g) Les circuits pour la mise en forme des signaux venant du photomultiplicateur incorporé dans le périscope d), et les circuits de centrage de la trace et de digitisation.
- h) Les circuits de contrôle pour la table de mesure a), le transport de film b), la projection c), le périscope d) et la mesure automatique des marques fiducielles f).
- i) Les circuits d'adaptation à la PDP 4.
- j) La PDP 4 et son équipement périphérique.

Tout ce qui est énuméré sous a), b), c) et une partie de h) est essentiellement copié sur les Franckenstein (MP II). L'élément mécanique entièrement original (bien que déjà ancien) est le périscope d). Sa méthode de fonctionnement imposait le développement g). Le développement de l'appareil a commencé en 1958 et il est devenu un instrument de mesure puissant dès sa mise en ligne avec une calculatrice contrôlant toutes les phases du travail.

A partir des données de dépouillement, l'ensemble de l'appareil effectue automatiquement :

- a) la recherche de la photographie,
- b) la mesure des coordonnées x, y des fiducielles,
- c) le positionnement en première approximation du vertex de l'évènement à mesurer,

- d) le classement, le triage et l'enregistrement des coordonnées pour les ranger sur une bande magnétique (programme ACORN).

Le déclenchement du balayage, après positionnement précis par l'opérateur, est commandé par contre à la main.

Dans le dispositif en fonctionnement actuellement à Berkeley la PDP 4 n'effectue aucune reconstruction de l'événement. Les données une fois enregistrées sont traitées par une calculatrice plus importante du type IBM 7094, ou CDC 6600 à l'aide d'un programme spécial de filtrage (programme POOH).

### 1.2 Séquence des opérations de mesure

L'avancement du film et l'arrêt sur une vue déterminée s'effectuent par l'énumération de marques noires disposées sur le bord du film, ce qui évite les difficultés inhérentes aux éventuelles taches pouvant apparaître sur les photographies de mauvaise qualité.

Deux marques fiducielles (croix couchées) sont relevées sur chacune des trois vues à mesurer grâce à deux paires de photomultiplicateurs.

La photographie est projetée sur la table d'observation, sur le périscope et sur un vidicon qui la transmet, avec un grandissement supérieur, sur un écran de télévision. Cette dernière image permet, après la mesure automatique des marques fiducielles, le positionnement du vertex de l'événement sur l'origine de la spirale avec précision une fois qu'il a été amené automatiquement à l'aide du PDP 4.

Le centrage du vertex effectué, l'opérateur enclenche le balayage en spirale. Les coordonnées  $R$ ,  $\theta$  des éléments de traces inclinés au maximum  $\pm 25^\circ$  par rapport au rayon de balayage sont ainsi relevées à l'intérieur d'un cercle de 40 cm de rayon centré sur le vertex. Ces 40 cm sont mesurés dans la chambre à bulles. Cette opération prend environ 3 sec. par vue.

Des points supplémentaires peuvent être mesurés en déplaçant la table de mesure  $x$  et  $y$  (crutch points) afin d'aider le programme POOH.

Enfin, le SR offre une possibilité, peu employée actuellement à Berkeley, et permettant d'enregistrer la densité des traces. Pour l'instant, les expériences utilisant le SR ne nécessitent pas de mesures d'ionisation et par conséquent on ne possède que peu de renseignements sur cette technique.

### 1.3 Résultats : Performance - Précision

Les performances actuelles sont d'environ 80 à 100 événements par heure (maximum 1er mai, 125 év/heure en moyenne), ceci indépendamment du nombre de traces et pour un vertex par événement.

L'appareil a surtout été utilisé par G. Lynch pour la mesure d'événements produits par des  $K^-$  en dessous de 2 GeV/c et formés de deux branches. Sur l'ensemble des événements mesurés 74 o/o ont été acceptés. Les raisons du rejet pour les 26 o/o restant se répartissent comme suit :

- a) filtrage 10 o/o (POOH),
- b) géométrie et cinématique 6 o/o,
- c) analyse physique 10 o/o.

Une remesure de ces événements sur le SR permet de récupérer la moitié parmi ceux des catégories a) et b). La moitié de la catégorie c) peut être sauvée par remesure sur un Franckenstein; tout ce qui reste après ces remesures sont des événements incompatibles (no fit).

Actuellement une expérience est en cours avec des événements deux et quatre branches produits par des  $\pi^-$  de 1 GeV/c. Les programmes n'étant pas complètement prêts pour la CDC 6600, il faudra attendre encore pour connaître la nature et le pourcentage des rejets.

Si l'on cherche à comparer la précision du système par rapport au Franckenstein à l'aide de la répartition des points autour de la trace, on trouve que la fluctuation est inférieure pour le SR et de l'ordre de celle des IEPs.

Ce critère, néanmoins, ne tient pas compte des erreurs systématiques de mesure. La méthode de calibration utilisée actuellement compare des mesures faites avec la table xy avec celles faites au périscope. Ce réseau de calibration ("chicken-path") permet d'éliminer des erreurs systématiques laissant une erreur résiduelle (rms) de l'ordre de 12  $\mu$ m. De nouveaux résultats obtenus avec un réseau et une nouvelle méthode de calcul mieux adaptés seront disponibles sous peu.

#### 1.4. Prix de l'appareil

Les chiffres donnés ci-dessous sont basés sur ceux qui nous ont été donnés par Lloyd et Butler et qui ont été tirés de la fabrication de Mark II :

Electronique	65.000 \$	dont 50 o/o de main d'oeuvre.
Mécanique	60.000 \$	dont 65 o/o de main d'oeuvre.

En se basant sur ces chiffres on arrive à :

Main d'oeuvre électronique	5.500 heures.
Main d'oeuvre mécanique	6.000 heures.

Dans un cas comme dans l'autre, il n'est question que de la main d'oeuvre pour l'exécution une fois l'étude préliminaire achevée.

### 1.5. Améliorations en cours à Berkeley

Du point de vue de l'utilisation du SR pour la physique, cet appareil n'est qu'à ses débuts. Il a été principalement utilisé jusqu'à ce jour pour des expériences de faible ou moyenne énergie. Une nouvelle machine est en construction à Berkeley et devrait entrer en opération vers la fin de l'année. Cette machine est plus ou moins la copie de celle fonctionnant actuellement, afin d'éviter tout frais ou délai supplémentaire dû à une nouvelle conception (module électronique etc.etc.).

Un seul changement sera apporté au deuxième SR afin d'en porter le domaine de mesures de 40 cm à 80 cm par grandissement inférieur de l'image pour le SR (2,5 fois à la place de 5).

Des essais de précision, de recherche des erreurs systématiques vont probablement être faits dans les prochains mois afin de mieux connaître les possibilités de cette machine.

## 2. PROPOSITION DE CONSTRUCTION D'UN SPIRAL READER

### 2.1 Questions générales

#### a) Mécanique

Le SR comme on l'a vu plus haut peut se subdiviser en deux parties : l'une très semblable à un IEP ou Franckenstein, l'autre, celle du périscope, développée spécialement pour cet appareil.

Pour la partie IEP qui permet la mesure en x y, le CERN possède une bonne expérience dans ce domaine et l'on utilisera au maximum les éléments existant déjà pour les IEP en y ajoutant un système d'asservissement.

En ce qui concerne le périscope dont les dessins sont en normes américaines, une adaptation aux normes européennes devra être faite et l'on en profitera pour apporter si possible quelques améliorations.

En principe, pour ce qui est de la mécanique, aucune partie n'étant d'une complexité extraordinaire, tout l'appareil pourra être construit et monté au CERN, seuls l'ajustage et l'équilibrage du périscope requérant l'aide d'une maison comme la SIP.

#### b) Electronique

L'électronique de la machine de Berkeley est basée sur des cartes imprimées, type Berkeley et devra par conséquent être adaptée soit à des éléments CERN, soit à des composants industriels. Le choix des éléments devra faire l'objet d'une première étude. L'ensemble du cablage et du montage sera effectué sous la surveillance des personnes ayant conçu l'électronique.

## 2.2 Estimation du temps, du personnel et du coût

La construction d'un SR au CERN y compris le temps d'étude pour l'électronique et la mécanique devrait être de l'ordre de 2 1/2 ans (entrée en opération de la machine). Le personnel nécessaire à l'exécution de ce programme est estimé comme suit :

- 1 Physicien ou Ingénieur
- 2 Ingénieurs électroniciens
- 3 Techniciens électroniciens
- 1 Projeteur
- 2 Projeteurs dessinateurs
- 1 Technicien mécanicien
- 1 Programmeur
- 2 Aide-programmeurs

Pour le travail de construction et le matériel on peut raisonnablement se baser sur les chiffres de Berkeley. La calculatrice de contrôle (à Berkeley PDP 4) pourra, nous le souhaitons, être la CDC 3.100 du TC et dans ce cas des compléments pour un montant de l'ordre de 150.000 francs seront nécessaires.

Ainsi, on peut estimer le coût pour une copie du Spiral Reader effectuée au CERN à :

Mécanique y compris main d'oeuvre au CERN	240.--	K.Fr.s.
Electronique " " "	260.--	"
Extension 3.100	150.--	"
	<hr/>	
	650.--	K.Fr.s.

Une estimation plus précise ne pourra être faite qu'après une étude plus détaillée.

## 3. CONCLUSIONS

Nous recommandons vivement de commencer le plus rapidement possible la construction d'un Spiral Reader et pensons que toute collaboration avec d'autres laboratoires est à encourager ainsi que toute aide éventuelle de l'industrie.

Afin d'éviter toute perte de temps, nous proposons de faire une copie aussi fidèle que possible; cependant et pour adapter cette machine à des énergies plus élevées, il sera nécessaire d'en augmenter le rayon d'exploration jusqu'à 80 cm environ.

R.K. Böck  
R. Budde  
J. Trembley  
D. Wiskott

SOFTWARE ASPECTS OF A SPIRAL READER AT CERN1. THE SITUATION AT LRL BERKELEY1.1. On-line programs for the PDP-4

Berkeley's PDP-4 has a memory of 8192 18-bit words. The cycle time is 8 microseconds; there is no floating-point hardware. The standard on-line program is called ACORN and is written in machine language. Its input consists of scan-card information for each event, operator instructions through direct data lines and digitizings from the SR's x-y stage and periscope. ACORN assists the measurer by performing the functions of film advance, rough stage setting for fiducial mark measuring with auxiliary photocells, and by resolving simple operator instructions (e.g. vertex measurement) into a multitude of steps (periscope control with varying speed). After channeling the input digitizings into a buffer (present capacity 1050 R- $\theta$  digitizings with pulse-height information) the raw data are written onto magnetic tape after each vertex measurement. There are few checking functions other than for the obvious operator mistakes.

ACORN also has a built-in CRT display option which is more important for error detection than for production running. The display facility is much further developed in an on-line engineers' program (called RAVEN) used for trouble-shooting and development. Periscope digitizings can be displayed in a chosen scale, magnified by powers of 2 from the total display, on a CRT R- $\theta$  rectangular system; the constant regeneration of points on the scope is done by LRL-built electronics from the digitizings stored in the computer memory.

1.2. Off-line analysis

Before SR output can be processed through the standard geometry program, it has to go through the critical phase of finding tracks from digitizings which are prefiltered only electronically by the periscope slit acceptance criteria. The corresponding program is named POOH and exceeds clearly the possibility of an on-line computer (35K on the CDC 6600 under the Chippewa System FORTRAN IV). The following is a simplified sequence of POOH operations :

- a) Detection of tracks by histogramming out from the vertex for about  $1/5$  of the radial scan in all directions. The curvature of the bins is varied to enable the detection of tracks with various momenta.
- b) Elimination of spurious digitizings in the histogram region by repeated fitting of near-circular curves.
- c) Elimination of variations of the same track.

- d) Track following along the direction predicted by the previous fit. Points are accepted as a part of the track if they are within  $\pm 2$  track widths.
- e) Transformation of the track coordinates from R- $\theta$  to the x-y system using a set of predetermined parameters (see below).
- f) After all three views have gone through a to e, tracks are matched to eliminate spurious images and determine which three images correspond to each physical track.
- g) The event is written onto tape in the format desired for the geometry program and, if requested, displayed on a CRT.

Pulse height information, although available to POOH, is not used in filtering or matching at present but passed on for later use (ionization).

The mechanical and optical properties of the periscope system make it necessary to determine the relation between R- $\theta$  digitizings and the x-y stage periodically in an off-line program (FORTRAN IV) called CALIB; it reads in repeated measurements of a fiducial grid ( 50 marks) with the periscope and the x-y stage and performs an n-parameter least-squares fit where n has been pushed up to 16, although the standard used has only 10 parameters. Theoretical and experimental optimization of these parameters and the grid are still under study<sup>(1)</sup>, which makes the pictorial output from this program (CALCOMP-plotter) a great help.

## 2. THE WOULD-BE SITUATION AT CERN

### 2.1 On-line program for the CDC 3100

The on-line control program depends highly on the computer, the electronics of the SR, and the measuring conventions. There is little chance that anything other than ideas can be taken over from ACORN for a possible SR project at CERN. On the other hand, the SR functions as seen from the computer seem to be highly similar to those of a IEP in "Project B". Major differences are the faster input rate, the longer and coherent buffer which will be needed for a vertex measurement (periscope digitizings), the per-vertex (to save memory space) output with reformatting and perhaps the CRT replay. It will be a small problem to add these functions to an existing and functioning on-line IEP master program, but it seems unlikely that the 16K memory will be sufficient for the extra needs, if IEPs and SR operate simultaneously.

---

(1) LRL physics note 591 : Notes on the SR Accuracy, R.K. Bock  
LRL Programming Note P-143 : STEEP, SR Calibration Program, F. Hodgson



## 2.2. Off-line analysis

POOH is a program that can in principle be taken over with few changes. Although presently somewhat dependent as on the experiments performed and upon LRL conventions, it is still in a development process and will emerge as more generally applicable. Certain parts of POOH will certainly have to be adapted to experiments of higher energy or new topologies, different SR electronics, different measurement and scanning conventions, and changes in CALIB as a consequence of the expected different behavior of SR optics and mechanics. Much of this development will have to be done in the framework of a SR experiment, as we deal with new conditions, but the existing POOH seems an excellent starting basis. For this development work we will certainly want to have a convenient recorded display facility (CRT with camera or plotter), which is equally true for CALIB, otherwise a relatively small appendix to POOH and no trouble even to rewrite.

## 3. SUGGESTED STRATEGY

### 3.1. Programming

The on-line control program can emerge naturally from the IEP control program, if the presently-existing general logic is not cut vitally when transferring the program onto the CDC 3100. It is hoped that the present 3100 team would include the SR into their project as a generalization. An absolute time estimate is too closely interlinked with the IEP project to be meaningful, but the extra time required for the SR changes including a control program like RAVEN and CRT display should not exceed one year for a programmer familiar with the 3100 program.

POOH, as stated before, will need for development an experiment measured on the SR and for this will probably demand part of a physicist's and all of a programmer's time for at least a year. Preparatory work can be started on CRT display and the most obvious POOH adaptations (using Berkeley digitizings) concurrently with the construction of a periscope. Work on calibration procedures can be done in close collaboration with Berkeley.

### 3.2. Equipment

CRT replay on the 3100 is a need for development of a SR and also a great help for the on-line IEP project. Even a Tektronix would be a solution if more complex tubes are prohibitively expensive but a certain amount of electronics will have to be built in that case.

Recorded display facilities on the 6600 for the off-line processing will hopefully be available when work on filtering could start. In the worst case, one could do away with the line printer, as HDP programs always had to. The advantages of manual help in filtering (light pen ?) for production and debugging have to be considered.

3.3. Extra computer needs

The increased measuring capacity offered by the SR will certainly reflect in a larger number of events per year, demanding an equally increased amount of "conventional" computer time for the standard analysis programs. Aside from this increase, SR-measured events will need more computing time per event due to the need for a filtering program. The latest revision of POOH uses an average of 2 seconds of 6600 CP-time for a two-prong event and 2 to 3 times this amount for four prongs. These figures refer to LRL's Mark I with its mechanical and optical properties and to the 72"-chamber film quality. It seems they are of the same order of magnitude as those for kinematical analysis. For a two-shift operation at 70 events/hour we could expect from these numbers a weekly computer need for POOH of about 10 to 15 hours, testing excluded.

July 1966

R.K. Böck

J.H. Burkhard

BIBLIOGRAPHIE

- Spiral reader control and data acquisition with PDP 4  
J.D. STEDMAN UCRL - 16555
- The accuracy of the spiral reader  
G.R. LYNCH MEMO 575 - Alv. Group
- A Filtering program for the spiral reader  
J.H. BUCKHARD, L.J. LLOYD, G.R. LYNCH, F.L. HODGSON, G.T. ARMSTRONG,  
N.D. TRAVIS - To be published
- Modifications of existing analysis programs to utilize ionization  
measurement made by spiral reader  
G.R. LYNCH MEMO P 119 - Alv. Group
- POOH scrapbook - Match section  
G.R. LYNCH to be published.

ANNEXE TECHNIQUE1) Côté IEP (platine)

Platine avec digitiseurs Ferranti; unité 1/10.000 pouce ( $\sim 2.5 \mu$ ).

Vitesse max. platine: 50 mm/sec; déplacement par vis sans jeu et moteurs à circuits imprimés<sup>\*)</sup>.

Mesure des marques fiducielles: fente sur photomultiplicateur  $\sim 2/3$  de la largeur des marques fiducielles.

Speedball: "digitiseur" de fabrication Berkeley.

2) Côté périscope

Vitesse de rotation: calculé pour 1800 tours/min, utilisé seulement jusqu'à 900 tours/min.

Accélération du miroir sur le cône:  $\sim 200 g$

Fente du périscope:  $50 \mu \times 1500 \mu$

Grandissement à la fente: 5.47

Grandissement sur la table:  $\sim 10$  (grandeur nature 15)

$\sim 40$  révolutions/mesure en  $\sim 3$  sec.  $R_{max} = 40$  cm (objet)

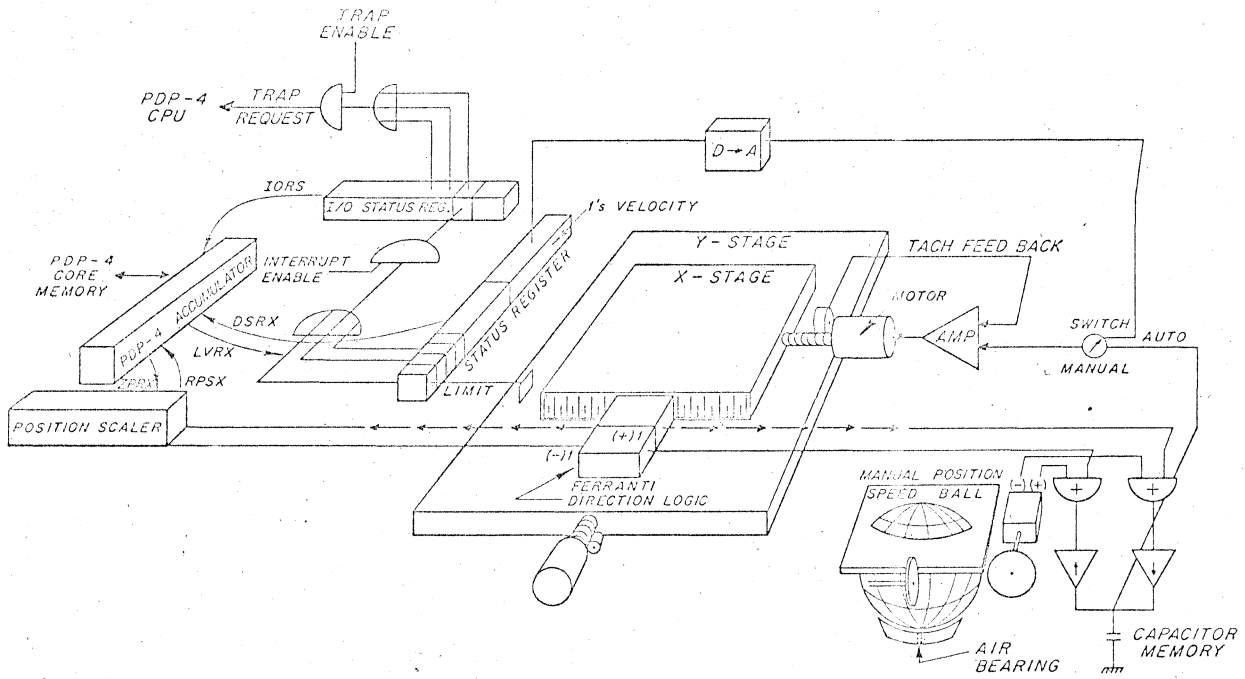
Avance du périscope  $\sim 15$  cm, en trois vitesses, réglées par PDP 4 (voir diagramme R, 2).

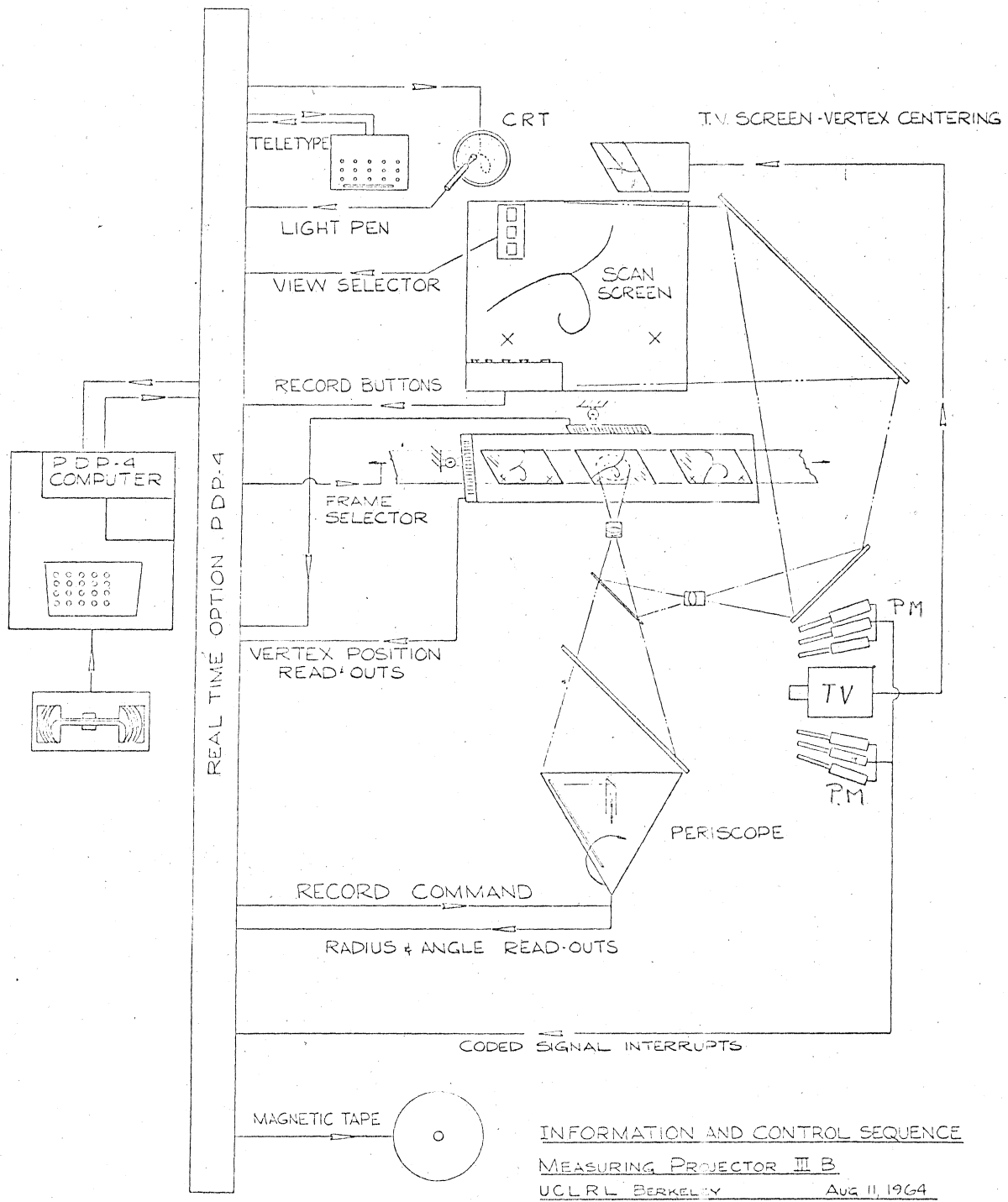
Mesure de R par vis sans jeu et digitiseur Optisyn<sup>\*\*)</sup>, 50 cts/rev. Mesure de  $\theta$  par Baldwin disque: 16.000 marques, 32.000 signaux/rev.

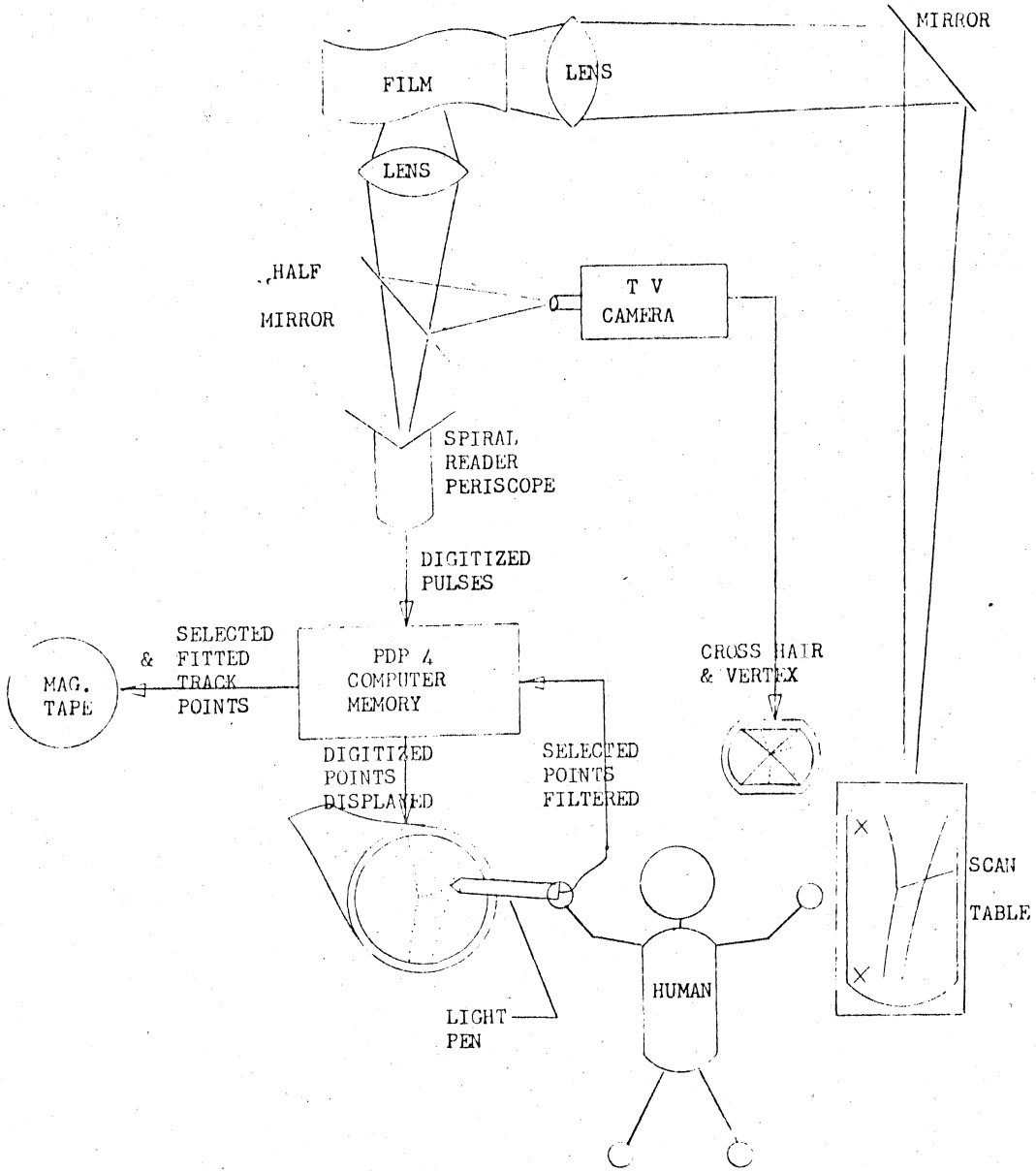
Vis sans jeu (load screw): avance 6 rev/inch.

\*) Photocircuit Corp. Glen Cove, N.Y.

\*\*) Dynamics Research Corp. Stoneham, Mass.

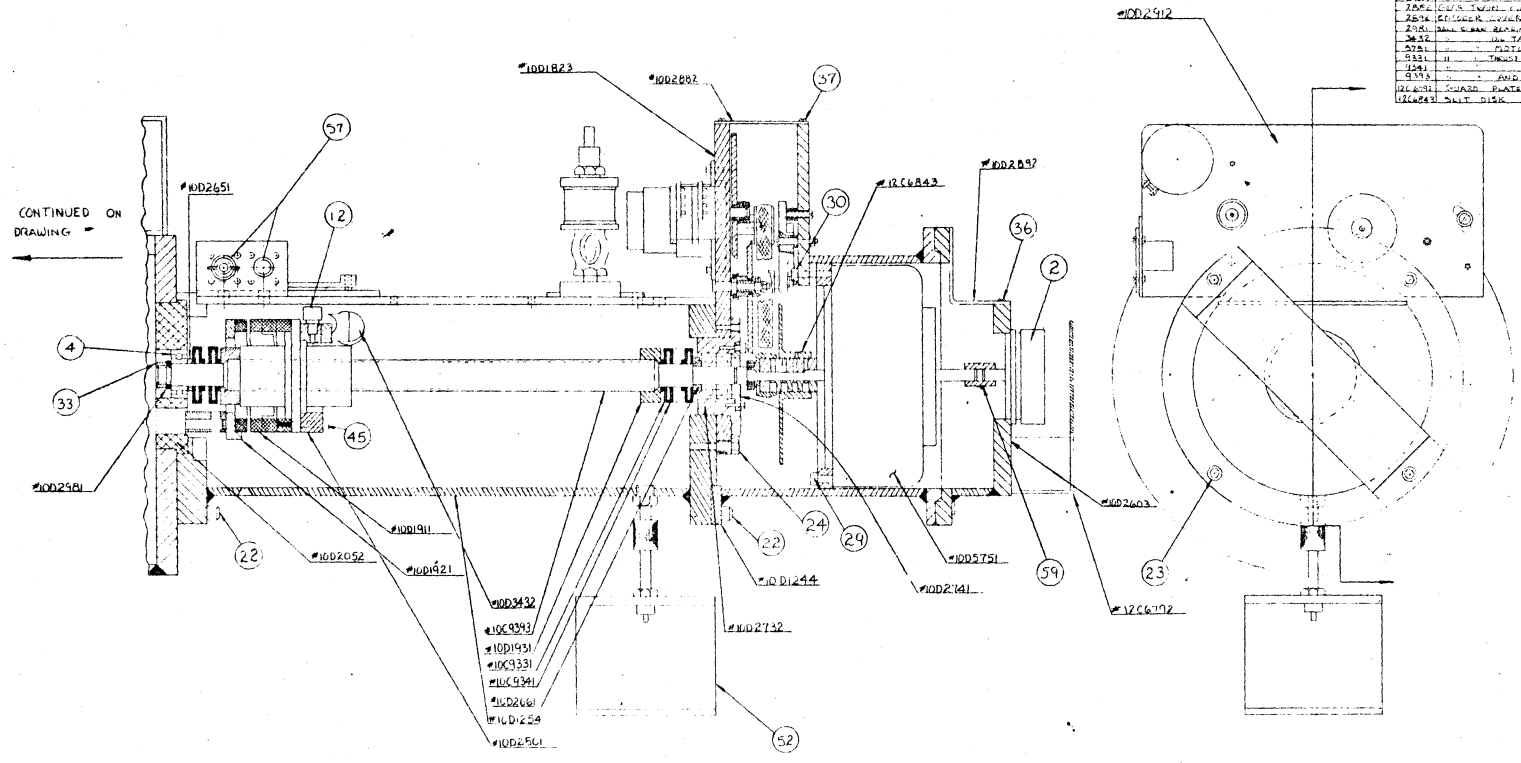






ON-LINE FILTERING PROPOSAL

MUB-4054



REV.	DESCRIPTION	DATE	BY
1	ISSUED FOR MANUFACTURE	10/1/64	J. B. ...
2	...	...	...
3	...	...	...
4	...	...	...
5	...	...	...
6	...	...	...
7	...	...	...
8	...	...	...
9	...	...	...
10	...	...	...
11	...	...	...
12	...	...	...
13	...	...	...
14	...	...	...
15	...	...	...
16	...	...	...
17	...	...	...
18	...	...	...
19	...	...	...
20	...	...	...
21	...	...	...
22	...	...	...
23	...	...	...
24	...	...	...
25	...	...	...
26	...	...	...
27	...	...	...
28	...	...	...
29	...	...	...
30	...	...	...
31	...	...	...
32	...	...	...
33	...	...	...
34	...	...	...
35	...	...	...
36	...	...	...
37	...	...	...
38	...	...	...
39	...	...	...
40	...	...	...
41	...	...	...
42	...	...	...
43	...	...	...
44	...	...	...
45	...	...	...
46	...	...	...
47	...	...	...
48	...	...	...
49	...	...	...
50	...	...	...
51	...	...	...
52	...	...	...
53	...	...	...
54	...	...	...
55	...	...	...
56	...	...	...
57	...	...	...
58	...	...	...
59	...	...	...
60	...	...	...
61	...	...	...
62	...	...	...
63	...	...	...
64	...	...	...
65	...	...	...
66	...	...	...
67	...	...	...
68	...	...	...
69	...	...	...
70	...	...	...

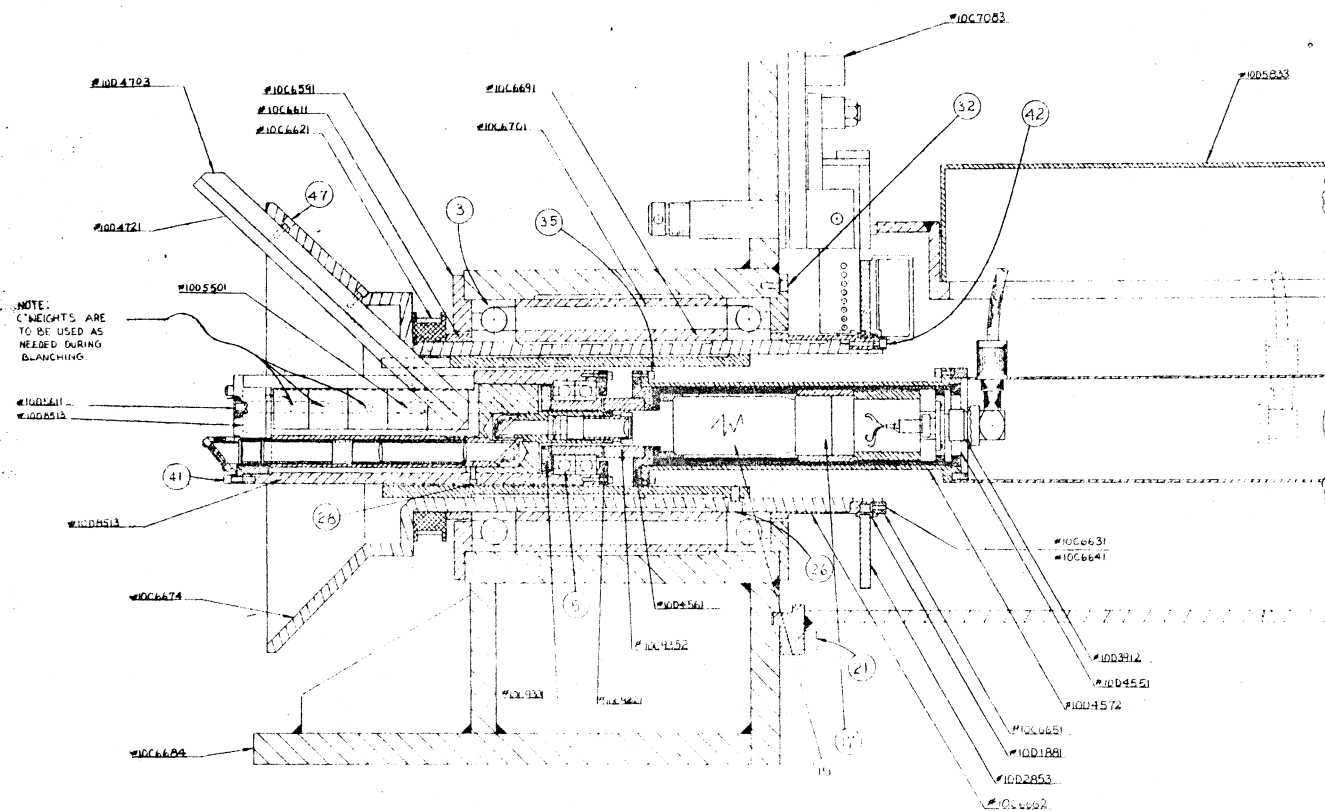
10C6886

REV. 1

REV.	DESCRIPTION	DATE	BY
1	ISSUED FOR MANUFACTURE	10/1/64	J. B. ...
2	...	...	...
3	...	...	...
4	...	...	...
5	...	...	...
6	...	...	...
7	...	...	...
8	...	...	...
9	...	...	...
10	...	...	...
11	...	...	...
12	...	...	...
13	...	...	...
14	...	...	...
15	...	...	...
16	...	...	...
17	...	...	...
18	...	...	...
19	...	...	...
20	...	...	...
21	...	...	...
22	...	...	...
23	...	...	...
24	...	...	...
25	...	...	...
26	...	...	...
27	...	...	...
28	...	...	...
29	...	...	...
30	...	...	...
31	...	...	...
32	...	...	...
33	...	...	...
34	...	...	...
35	...	...	...
36	...	...	...
37	...	...	...
38	...	...	...
39	...	...	...
40	...	...	...
41	...	...	...
42	...	...	...
43	...	...	...
44	...	...	...
45	...	...	...
46	...	...	...
47	...	...	...
48	...	...	...
49	...	...	...
50	...	...	...
51	...	...	...
52	...	...	...
53	...	...	...
54	...	...	...
55	...	...	...
56	...	...	...
57	...	...	...
58	...	...	...
59	...	...	...
60	...	...	...
61	...	...	...
62	...	...	...
63	...	...	...
64	...	...	...
65	...	...	...
66	...	...	...
67	...	...	...
68	...	...	...
69	...	...	...
70	...	...	...

10C6886





NOTE:  
CWEIGHTS ARE  
TO BE USED AS  
NEEDED DURING  
BLANCHING.

NO.	DESCRIPTION	QTY.
1	SPINDLE	1
2	SPINDLE NUT	1
3	SPINDLE WASHER	1
4	SPINDLE BALL BEARING	2
5	SPINDLE BALL BEARING	2
6	SPINDLE BALL BEARING	2
7	SPINDLE BALL BEARING	2
8	SPINDLE BALL BEARING	2
9	SPINDLE BALL BEARING	2
10	SPINDLE BALL BEARING	2
11	SPINDLE BALL BEARING	2
12	SPINDLE BALL BEARING	2
13	SPINDLE BALL BEARING	2
14	SPINDLE BALL BEARING	2
15	SPINDLE BALL BEARING	2
16	SPINDLE BALL BEARING	2
17	SPINDLE BALL BEARING	2
18	SPINDLE BALL BEARING	2
19	SPINDLE BALL BEARING	2
20	SPINDLE BALL BEARING	2
21	SPINDLE BALL BEARING	2
22	SPINDLE BALL BEARING	2
23	SPINDLE BALL BEARING	2
24	SPINDLE BALL BEARING	2
25	SPINDLE BALL BEARING	2
26	SPINDLE BALL BEARING	2
27	SPINDLE BALL BEARING	2
28	SPINDLE BALL BEARING	2
29	SPINDLE BALL BEARING	2
30	SPINDLE BALL BEARING	2
31	SPINDLE BALL BEARING	2
32	SPINDLE BALL BEARING	2
33	SPINDLE BALL BEARING	2
34	SPINDLE BALL BEARING	2
35	SPINDLE BALL BEARING	2
36	SPINDLE BALL BEARING	2
37	SPINDLE BALL BEARING	2
38	SPINDLE BALL BEARING	2
39	SPINDLE BALL BEARING	2
40	SPINDLE BALL BEARING	2
41	SPINDLE BALL BEARING	2
42	SPINDLE BALL BEARING	2
43	SPINDLE BALL BEARING	2
44	SPINDLE BALL BEARING	2
45	SPINDLE BALL BEARING	2
46	SPINDLE BALL BEARING	2
47	SPINDLE BALL BEARING	2
48	SPINDLE BALL BEARING	2
49	SPINDLE BALL BEARING	2
50	SPINDLE BALL BEARING	2
51	SPINDLE BALL BEARING	2
52	SPINDLE BALL BEARING	2
53	SPINDLE BALL BEARING	2
54	SPINDLE BALL BEARING	2
55	SPINDLE BALL BEARING	2
56	SPINDLE BALL BEARING	2
57	SPINDLE BALL BEARING	2
58	SPINDLE BALL BEARING	2
59	SPINDLE BALL BEARING	2
60	SPINDLE BALL BEARING	2
61	SPINDLE BALL BEARING	2
62	SPINDLE BALL BEARING	2
63	SPINDLE BALL BEARING	2
64	SPINDLE BALL BEARING	2
65	SPINDLE BALL BEARING	2
66	SPINDLE BALL BEARING	2
67	SPINDLE BALL BEARING	2
68	SPINDLE BALL BEARING	2
69	SPINDLE BALL BEARING	2
70	SPINDLE BALL BEARING	2
71	SPINDLE BALL BEARING	2
72	SPINDLE BALL BEARING	2
73	SPINDLE BALL BEARING	2
74	SPINDLE BALL BEARING	2
75	SPINDLE BALL BEARING	2
76	SPINDLE BALL BEARING	2
77	SPINDLE BALL BEARING	2
78	SPINDLE BALL BEARING	2
79	SPINDLE BALL BEARING	2
80	SPINDLE BALL BEARING	2
81	SPINDLE BALL BEARING	2
82	SPINDLE BALL BEARING	2
83	SPINDLE BALL BEARING	2
84	SPINDLE BALL BEARING	2
85	SPINDLE BALL BEARING	2
86	SPINDLE BALL BEARING	2
87	SPINDLE BALL BEARING	2
88	SPINDLE BALL BEARING	2
89	SPINDLE BALL BEARING	2
90	SPINDLE BALL BEARING	2
91	SPINDLE BALL BEARING	2
92	SPINDLE BALL BEARING	2
93	SPINDLE BALL BEARING	2
94	SPINDLE BALL BEARING	2
95	SPINDLE BALL BEARING	2
96	SPINDLE BALL BEARING	2
97	SPINDLE BALL BEARING	2
98	SPINDLE BALL BEARING	2
99	SPINDLE BALL BEARING	2
100	SPINDLE BALL BEARING	2

CONTINUED ON  
DRAWING #

NO.	DESCRIPTION	QTY.
1	SPINDLE	1
2	SPINDLE NUT	1
3	SPINDLE WASHER	1
4	SPINDLE BALL BEARING	2
5	SPINDLE BALL BEARING	2
6	SPINDLE BALL BEARING	2
7	SPINDLE BALL BEARING	2
8	SPINDLE BALL BEARING	2
9	SPINDLE BALL BEARING	2
10	SPINDLE BALL BEARING	2
11	SPINDLE BALL BEARING	2
12	SPINDLE BALL BEARING	2
13	SPINDLE BALL BEARING	2
14	SPINDLE BALL BEARING	2
15	SPINDLE BALL BEARING	2
16	SPINDLE BALL BEARING	2
17	SPINDLE BALL BEARING	2
18	SPINDLE BALL BEARING	2
19	SPINDLE BALL BEARING	2
20	SPINDLE BALL BEARING	2
21	SPINDLE BALL BEARING	2
22	SPINDLE BALL BEARING	2
23	SPINDLE BALL BEARING	2
24	SPINDLE BALL BEARING	2
25	SPINDLE BALL BEARING	2
26	SPINDLE BALL BEARING	2
27	SPINDLE BALL BEARING	2
28	SPINDLE BALL BEARING	2
29	SPINDLE BALL BEARING	2
30	SPINDLE BALL BEARING	2
31	SPINDLE BALL BEARING	2
32	SPINDLE BALL BEARING	2
33	SPINDLE BALL BEARING	2
34	SPINDLE BALL BEARING	2
35	SPINDLE BALL BEARING	2
36	SPINDLE BALL BEARING	2
37	SPINDLE BALL BEARING	2
38	SPINDLE BALL BEARING	2
39	SPINDLE BALL BEARING	2
40	SPINDLE BALL BEARING	2
41	SPINDLE BALL BEARING	2
42	SPINDLE BALL BEARING	2
43	SPINDLE BALL BEARING	2
44	SPINDLE BALL BEARING	2
45	SPINDLE BALL BEARING	2
46	SPINDLE BALL BEARING	2
47	SPINDLE BALL BEARING	2
48	SPINDLE BALL BEARING	2
49	SPINDLE BALL BEARING	2
50	SPINDLE BALL BEARING	2
51	SPINDLE BALL BEARING	2
52	SPINDLE BALL BEARING	2
53	SPINDLE BALL BEARING	2
54	SPINDLE BALL BEARING	2
55	SPINDLE BALL BEARING	2
56	SPINDLE BALL BEARING	2
57	SPINDLE BALL BEARING	2
58	SPINDLE BALL BEARING	2
59	SPINDLE BALL BEARING	2
60	SPINDLE BALL BEARING	2
61	SPINDLE BALL BEARING	2
62	SPINDLE BALL BEARING	2
63	SPINDLE BALL BEARING	2
64	SPINDLE BALL BEARING	2
65	SPINDLE BALL BEARING	2
66	SPINDLE BALL BEARING	2
67	SPINDLE BALL BEARING	2
68	SPINDLE BALL BEARING	2
69	SPINDLE BALL BEARING	2
70	SPINDLE BALL BEARING	2
71	SPINDLE BALL BEARING	2
72	SPINDLE BALL BEARING	2
73	SPINDLE BALL BEARING	2
74	SPINDLE BALL BEARING	2
75	SPINDLE BALL BEARING	2
76	SPINDLE BALL BEARING	2
77	SPINDLE BALL BEARING	2
78	SPINDLE BALL BEARING	2
79	SPINDLE BALL BEARING	2
80	SPINDLE BALL BEARING	2
81	SPINDLE BALL BEARING	2
82	SPINDLE BALL BEARING	2
83	SPINDLE BALL BEARING	2
84	SPINDLE BALL BEARING	2
85	SPINDLE BALL BEARING	2
86	SPINDLE BALL BEARING	2
87	SPINDLE BALL BEARING	2
88	SPINDLE BALL BEARING	2
89	SPINDLE BALL BEARING	2
90	SPINDLE BALL BEARING	2
91	SPINDLE BALL BEARING	2
92	SPINDLE BALL BEARING	2
93	SPINDLE BALL BEARING	2
94	SPINDLE BALL BEARING	2
95	SPINDLE BALL BEARING	2
96	SPINDLE BALL BEARING	2
97	SPINDLE BALL BEARING	2
98	SPINDLE BALL BEARING	2
99	SPINDLE BALL BEARING	2
100	SPINDLE BALL BEARING	2

FIGURE 6

1227  
 DRAWING PREPARED BY  
 CHECKED BY  
 DATE



