

L3BT デザイン (2) アークまでの直線部 (F9)

2002 March T. Kato

まとめ

L3BT のアーク間での直線部についての、検討結果を示す。

1) Requirements

1. アーク部までのビームの劣化が少なく、アークへのマッチングを達成する。
2. ACS 出力変化に対応できること。即ち、測定が容易にできて、マッチングが達成できる。

2) 手順

1. 前項の条件のもとで、良い解を見つける。
2. その解が、sc bend に対応できれば、よし。できなければ修正の上、その為の主ビームラインの劣化を評価する。

3) ラインの基本的性質

1. 収束ユニットとしては、いろいろなタイプが考えられが、ACS の収束系を延長する考え方は自然と思われるので、第一に、これをテストする。
2. 前項の場合、ACS 出力ビームの変化に対応して、ラインの入り口付近で横のマッチングが達成できる事が必要。その為の測定が容易であるという視点が必要。
* ここまでの評価では、可能と思われる。
3. アークへのマッチングセクションが別途必要。これは第 1 デバンチャー付近にて行う。
* ここまでの評価では、可能と思われる。

4) 計算 tools

空間電荷効果を含むラティスデザイン用(bt3d, TRACE3D)、ビームシミュレーション用(lebt, bend)等を併用する。これは、アーク部と同じ。

5) これまでの結果

5-1) 基本デザイン (design-6)

図 1 に FD のユニットを示す。TRACE3D の結果。

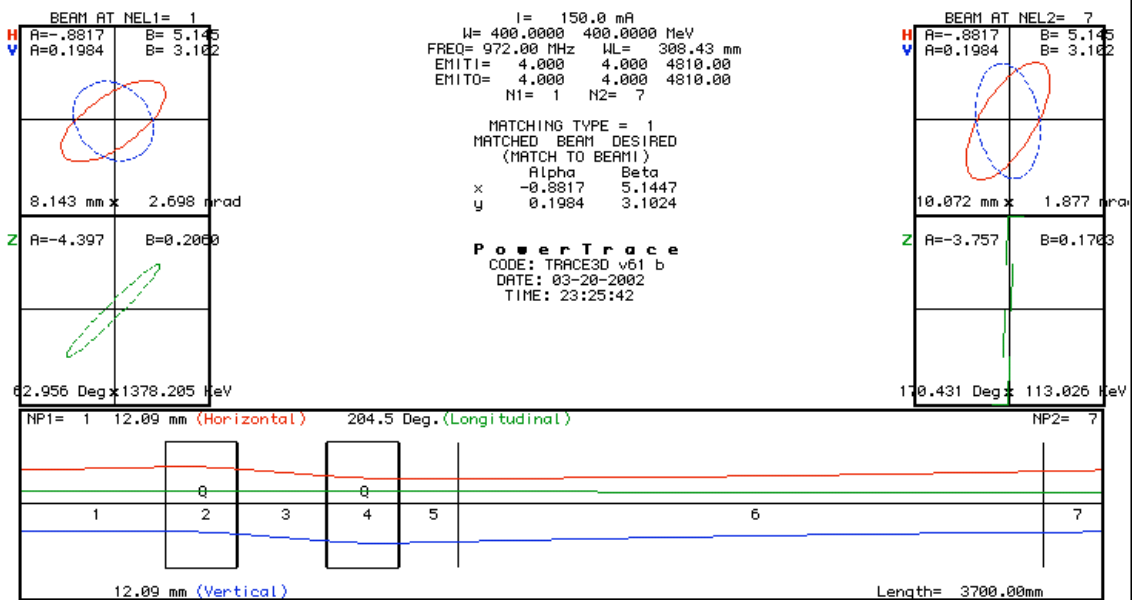


図1 直線部収束系のユニット。

図2に5ユニット+デバンチャー直前のマッチングセクション(5個のQ-磁石による)をつなげたラインを示す(design-6)。最初のユニットはACSのtwiss parameterに合わせてtuningがなされている。このラインでは、各セクションのビームサイズをはかる事により、ミスマッチの程度が判断できると考えられる。

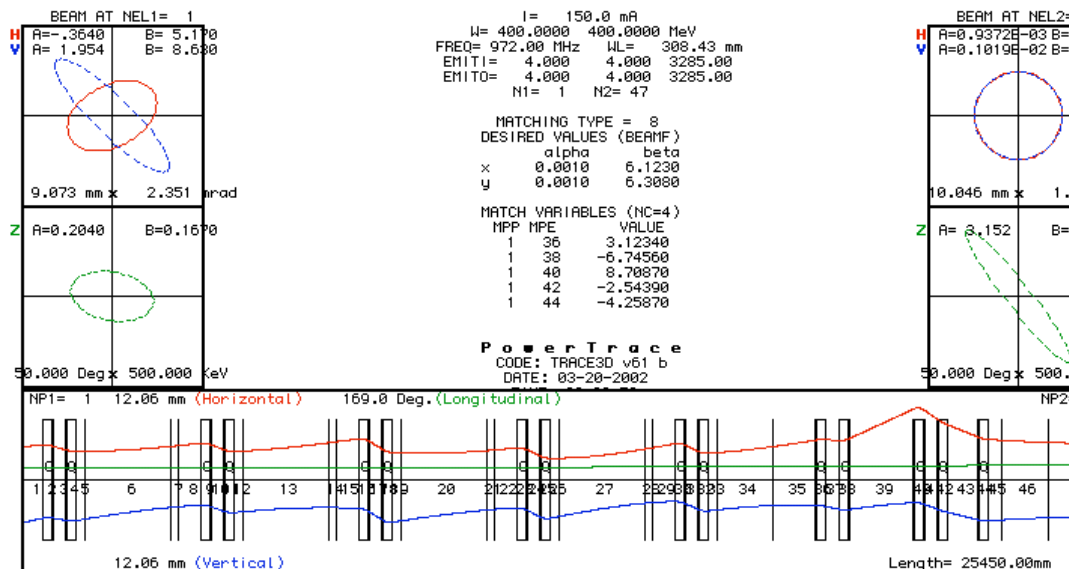


図2 アークまでの直前部ライン(デザインの途中)。

次に、空間電荷効果を取り込んだコードbt3dにより図2のラインを再計算してみる。

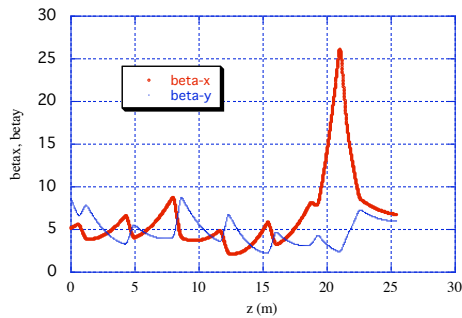


図3 bt3dコードで計算した beta function.

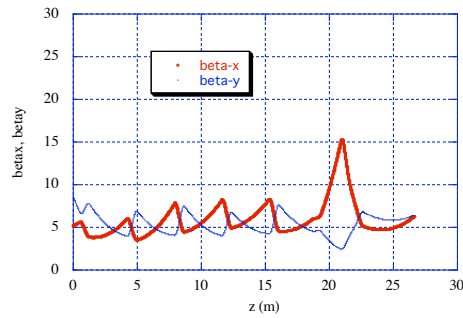


図4 ラインチューニングとアーク部への twiss parameter をチューニングした(design-6)。

図3に結果を示す。bt3dはTRACE3Dとほぼ同じ結果を与える。

図3のベータ関数の乱れは、空間電荷効果の差によるミスマッチの結果を示していると思われるので、各セクションの収束磁場の値をチューニングする。アークへのマッチングの部分も修正した結果を図4に示す。これを design-6 とする。

5-2) design-7

design-6は、ラインの終わりの部分が不十分と思われるので、そこを修正した design-7を図5に示す。この結果を再びTRACE3Dを使って再計算すると、図6が得られる。bt3dとTRACE3D

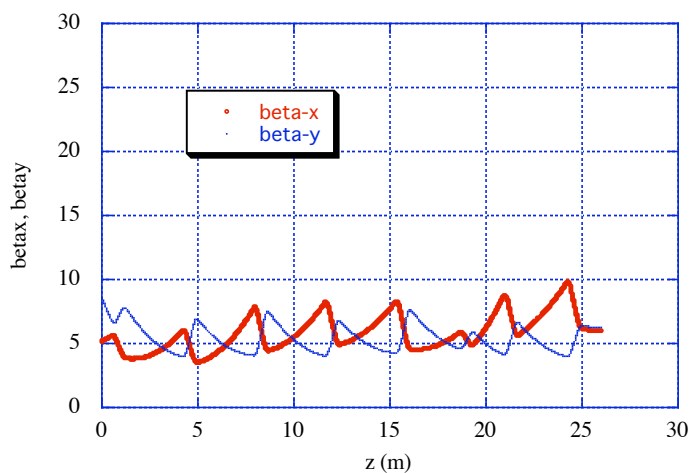


図5 design-6の最後のマッチング部分の構成を変えて、大きな beta function を修正した (design-7)。

とでは、出力の twiss parameter (α) にずれが見られる。出力の目標の twiss parameter (アーク部 アクセプタンス) は、図6の中心付近に desired values として記されている。

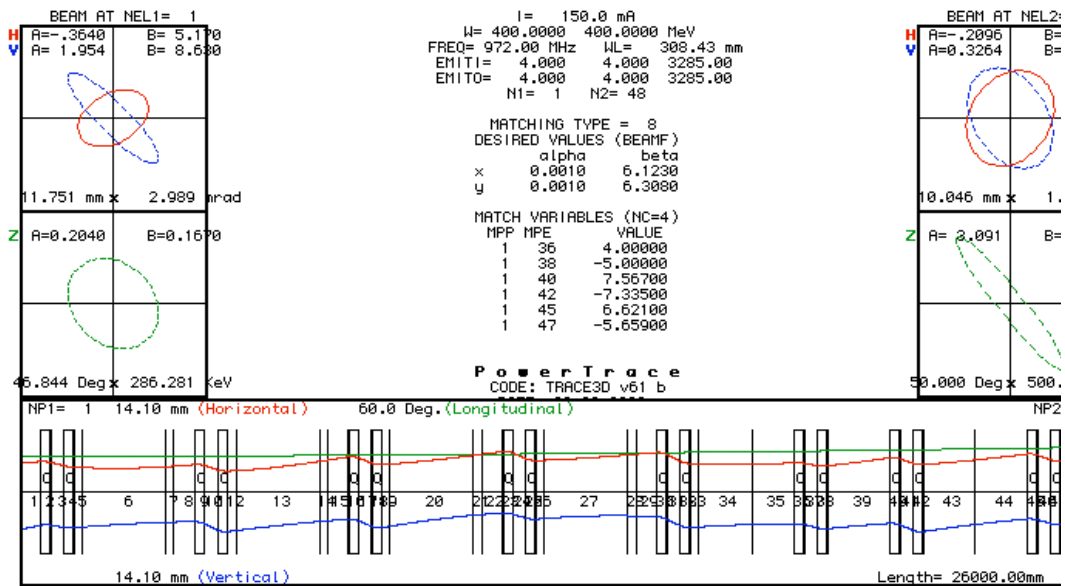


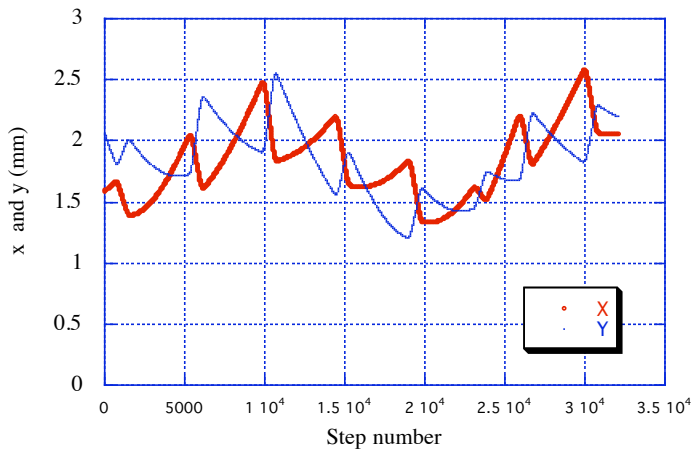
図6 design-7 の TRACE3D 計算結果。

5-3) 粒子シミュレーションの結果

3200 粒子を使用した LEBT コードによる直線部計算の rms ビーム半径の変化を図7に示す。LEBT コードによる、3200 粒子の計算では、空間電荷効果は大きめにカウントされている事が図7からもわかる。従って、精度を期す為には、もう少し細かな配慮が必要である。逆に、あるひとつの計算によって得られる twiss parameter の値自体は、多くの仮定の上で得られているので、確定値という厳密な意味を持たせる事はできないと思われ、それらをチューニングできるようにラインのデザインをする事が必要と思われる。その上で、測定と、計算に入れるパラメータの関係を beam study により確立する事になる。Design-6 と7について、アーク部までの粒子シミュレーションの結果を Table 1 に示す。

Table 1 L3BT ビームシミュレーション結果 (規格化 pi-cm-mrad)

	xrms	x99.9	y rms	y99.9
入射ビーム	0.496E-01	0.355E+00	0.502E-01	0.357+00
design-6 straight	0.495E-01	0.353E+00	0.503E-01	0.389E+00
design-6 arc	0.505E-01	0.405E+00	0.505E-01	0.420E+00
design-7 straight	0.494E-01	0.347E+00	0.505E-01	0.392E+00
design-7 arc	0.503E-01	0.406E+00	0.508E-01	0.429E+00



この粒子シミュレーションでは design-6 と design-7 との差は、明らかではない。アーク部へのマッチングのしやすさという点では design-7 が良いと思われる。エミッタンス増加が大きくないので、アークに続く横コリメータの機能は期待で

図7 横方向の rms ビームサイズ。design-7 の場合の粒子シミュレーション結果。

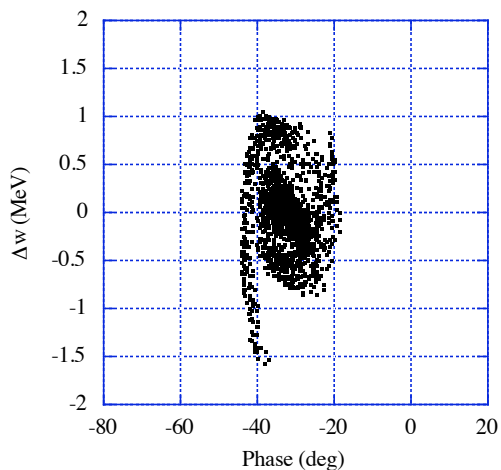
きる。

6) 縦のハローについて

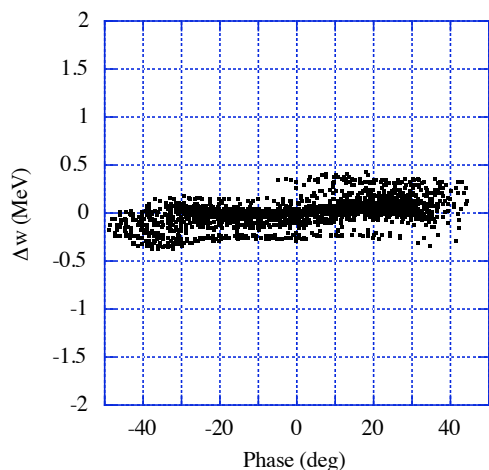
6-1) ACS ビームを使って

3200 個の ACS シミュレーションにおいて、悪い縦方向の条件（位相 ± 1 度と電場 $\pm 2\%$ 及び入射位相エラー5 度）を設定した計算結果を図 8 に示す。Full energy width = 2.62 MeV, rms energy width = 0.34 MeV。この結果は適当なエラー（位相 ± 1 度と電場 $\pm 1\%$ ）を考慮した TDR に示した結果に

比べて、60%の rms width の増加となっている。



この粒子を L3BT 直線部へ入射させた結果を図 9 と 10 に示す。



この結果より、ACS 出口で全エネルギー幅 2.6 MeV の場合には、第 1 デバンチャーにより、全幅 0.8 MeV に圧縮でき、この結果から判断すれば、後続のビームラインにおいても、 $dp/p \sim \pm 0.1\%$ 以下を保てると思われる。

図 1 0 デバンチャー通過直後の縦エミッタンス。

6-2) ハロー粒子を加えて

$\pm 3\text{MeV}$ までの粒子を加えた 3200 個の粒子集団を作り、第 1 デバンチャーまでのシミュレーションを行う。入射粒子を図 1 1, 出力粒子を図 1 2 に示す。

この結果より、ACS 出口において $\pm 2 \sim \pm 2.5 \text{ MeV}$ 程度の広がりを持つビームに対しては、デバンチャーが有効に働くと思われる。これ以上のエネルギーの広がりを持つ ACS 出力が得られる場合には、リニアックとしてのチューニング等を見直す必要がある。

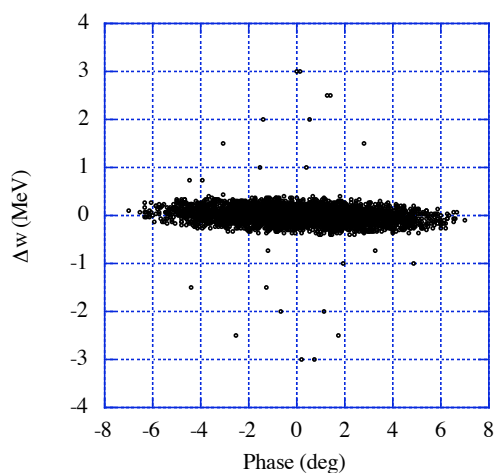


図 8 縦エミッタンスが悪い ACS 出力例。

図 1 1 最大 $\pm 3\text{MeV}$ の広がりを持つハロー粒子を加えた入射ビーム。

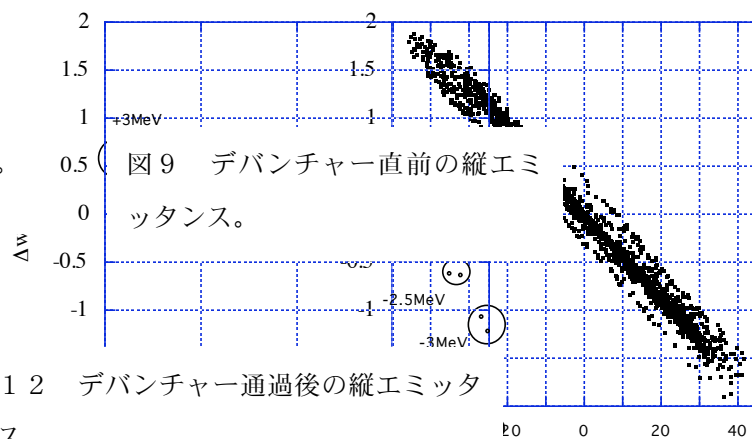


図 9 デバンチャー直前の縦エミッタンス。

図 1 2 デバンチャー通過後の縦エミッタンス。

7) basic design up to the second debuncher

ここまでの検討結果より、縦のコリメーションを採用しない方針とし、アーク部までのデザインをまとめる。図 1 2 にその結果を示す。

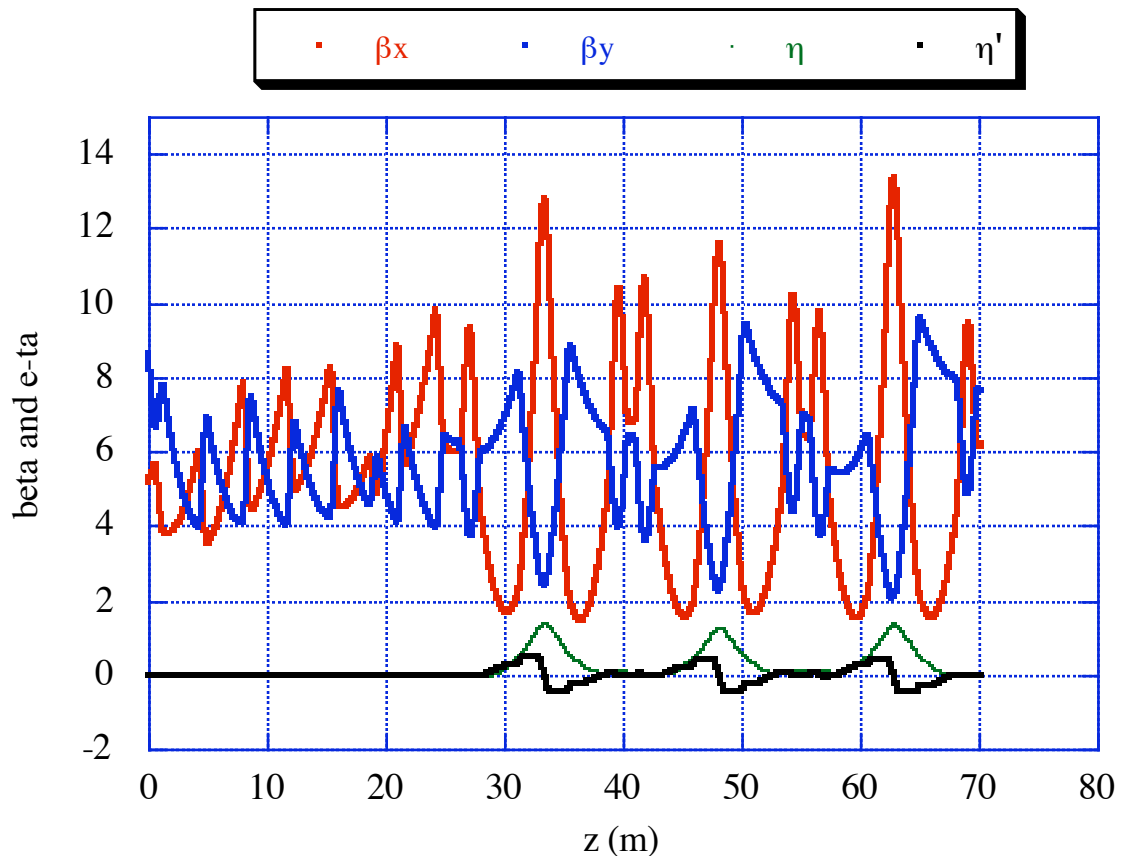


図 1 2 L3BT アーク部までの basic design. 150 mA.。

これは、'L3BT デザインとアーク部について(F8)'のアーク部デザイン ver-2 と、本メモ(F9)の直線部デザイン design-7 を接続したものである。接続の時のマッチングが少しずれているので、アーク部は全体として、少し非対称になっている。パラメータをチューニングすれば、見栄えは改善されると思われる。

本デザインとこれまでのデザインを比較する。

1. 縦のコリメーションを採用しないので、 η は小さく押さえられている。
2. それぞれの偏向磁石ごとに η を消すので、更に小さな η となっている。
3. 小さなベータ関数となるようにした。
4. 同一地点での β_x と β_y の比が小さくなるようにパラメータを選んだ。

5. ラインの入り口の4台の磁石により、ACS出力のパラメータ変化に対応可能。
6. 第1デバンチャーまわりの6台の収束磁石により、アーク部へのマッチングが調整できる。
7. ある範囲では、ビームサイズが一定となるか、対称となり、チューニングがビームサイズ測定でモニターできる。
8. 空間電荷効果の変化が η におよぼす影響は小さく押さえ込まれていると思われる。

Table 2 にラインパラメータを示す。

Table 2 Parameters of the basic design.

MAGNET	50	0	0
MAGNET	25	5.584	1
MAGNET	30	0	0
MAGNET	25	4.417	-1
MAGNET	240	0	0
MAGNET	50	0	0
NOUSE-2			
MAGNET	25	8.0	1
MAGNET	30	0	0
MAGNET	25	8.0	-1
MAGNET	240	0	0
NOUSE -3			
MAGNET	50	0	0
MAGNET	25	8.5	1
MAGNET	30	0	0
MAGNET	25	8.5	-1
MAGNET	240	0	0
NOUSE 4			
MAGNET	50	0	0
MAGNET	25	7.5	1
MAGNET	30	0	0
MAGNET	25	7.5	-1
MAGNET	240	0	0
NOUSE -5			
MAGNET	50	0	0
MAGNET	25	8	1
MAGNET	30	0	0
MAGNET	25	8	-1
MAGNET	240	0	0
NOUSE debun and arc match			
MAGNET	10	0	0
MAGNET	25	4.0	1
MAGNET	30	0	0
MAGNET	25	5.0	-1
MAGNET	150	0	0
MAGNET	25	7.567	1
MAGNET	30	0	0
MAGNET	25	7.335	-1
MAGNET	250	0	0
MAGNET	25	6.621	1
MAGNET	30	0	0
MAGNET	25	5.659	-1
MAGNET	100	0	0
NOUSE *****	section 1		
MAGNET	20	0	0
MAGNET	30	4.16	-1
MAGNET	30	0	0
MAGNET	70	3.75	1
MAGNET	30	0	0

MAGNET	30	3.800	-1
MAGNET	30	0	0
BEND 0.50022 15 .50022 0			
MAGNET	100	0	0
MAGNET	40	2.900	-1
MAGNET	150	0	0
MAGNET	80	2.6635	1
MAGNET	150	0	0
MAGNET	40	2.900	-1
MAGNET	100	0	0
BEND 0.50022 15 .50022 0			
MAGNET	30	0	0
MAGNET	30	3.800	-1
MAGNET	30	0	0
MAGNET	70	3.75	1
MAGNET	30	0	0
MAGNET	30	4.16	-1
MAGNET	20	0	0
NOUSE ***** section 2			
MAGNET	20	0	0
MAGNET	30	4.16	-1
MAGNET	30	0	0
MAGNET	70	3.75	1
MAGNET	30	0	0
MAGNET	30	3.800	-1
MAGNET	30	0	0
BEND 0.50022 15 .50022 0			
MAGNET	100	0	0
MAGNET	40	2.900	-1
MAGNET	150	0	0
MAGNET	80	2.6635	1
MAGNET	150	0	0
MAGNET	40	2.900	-1
MAGNET	100	0	0
BEND 0.50022 15 .50022 0			
MAGNET	30	0	0
MAGNET	30	3.800	-1
MAGNET	30	0	0
MAGNET	70	3.75	1
MAGNET	30	0	0
MAGNET	30	4.16	-1
MAGNET	20	0	0
NOUSE ***** section 3			
MAGNET	20	0	0
MAGNET	30	4.16	-1
MAGNET	30	0	0
MAGNET	70	3.75	1
MAGNET	30	0	0
MAGNET	30	3.800	-1
MAGNET	30	0	0
BEND 0.50022 15 .50022 0			
MAGNET	100	0	0
MAGNET	40	2.900	-1
MAGNET	150	0	0
MAGNET	80	2.6635	1
MAGNET	150	0	0
MAGNET	40	2.900	-1
MAGNET	100	0	0
BEND 0.50022 15 .50022 0			
MAGNET	30	0	0
MAGNET	30	3.800	-1
MAGNET	30	0	0
MAGNET	70	3.75	1
MAGNET	30	0	0
MAGNET	30	4.16	-1

MAGNET	20	0	0
--------	----	---	---