



Le progrès, une passion à partager

LABORATOIRES DE TRAPPES

29 avenue Roger Hennequin – 78197 Trappes Cedex

Tél. : 01 30 69 10 00 - Fax : 01 30 69 12 34

## **ETAT D'UNE COLLECTION DE 98 CD-R GRAVES ENTRE 1994 ET 2004**

### **Recherche sur la conservation des Archives numériques dans le cadre du GIS DON**

**Auteur : Jean-Michel LAMBERT**

**Novembre 2009**

#### **Financement :**

**Laboratoire National de Métrologie et d'Essais**

**Fiche R&D N° 202 / 2009**

#### **Laboratoire national de métrologie et d'essais**

Établissement public à caractère industriel et commercial • Siège social : 1, rue Gaston Boissier - 75724 Paris Cedex 15 • Tél. : 01 40 43 37 00  
Fax : 01 40 43 37 37 • E-mail : [info@lne.fr](mailto:info@lne.fr) • Internet : [www.lne.fr](http://www.lne.fr) • Siret : 313 320 244 00012 • NAF : 7120B • TVA : FR 92 313 320 244  
CRCA PARIS C.AFF.RENNES - IBAN : FR76 1820 6002 8058 3819 5600 104 - BIC : AGRIFRPP882

## SOMMAIRE

|                                                                                              |               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>1. DESCRIPTION DE LA COLLECTION DE CD-R.....</b>                                          | <b>3</b>      |
| <b>3 ANALYSES DES CD-R.....</b>                                                              | <b>6</b>      |
| 3.1 MOYENS D'ANALYSE.....                                                                    | 6             |
| 3.2 TYPES D'ERREURS MESURES.....                                                             | 6             |
| 3.3 RESULTATS DES ANALYSES .....                                                             | 7             |
| <b>4 SYNTHESE DES ANALYSES .....</b>                                                         | <b>7</b>      |
| 4.1 DEFINITION DES CLASSES DE DEGRADATION.....                                               | 7             |
| 4.2 PROPORTIONS DES CLASSES DE DEGRADATION .....                                             | 8             |
| 4.3 CLASSES DE DEGRADATION PAR REFERENCE .....                                               | 8             |
| <b>6 REPRESENTATION DE SURFACE DU TAUX D'ERREUR BLER.....</b>                                | <b>10</b>     |
| <b>7 ANALYSE DU SIGNAL HF.....</b>                                                           | <b>11</b>     |
| <b>8 CONCLUSION .....</b>                                                                    | <b>13</b>     |
| <br><b>ANNEXE 1 REPRESENTATIONS GRAPHIQUES DES ERREURS NUMERIQUES POUR<br/>CHAQUE DISQUE</b> | <br><b>15</b> |
| Courbes en fonction de la position sur le disque                                             |               |
| <br><b>ANNEXE 2 VALEURS DES TAUX D'ERREURS NUMERIQUES POUR CHAQUE DISQUE</b>                 | <br><b>49</b> |
| <br><b>ANNEXE 3 REPRESENTATIONS DE SURFACE DU TAUX D'ERREURS BLER</b>                        | <br><b>53</b> |

## 1. DESCRIPTION DE LA COLLECTION DE CD-R

Les disques proviennent de la collection privée. La date de gravure de tous les disques n'est pas connue. Elle s'échelonne à priori entre 1994 et 2004. L'échantillon comprend 98 disques de 34 références différentes. Les enregistrements sont des enregistrements musicaux.

Les caractéristiques des 98 disques sont données dans les tableaux, pages 4 et 5. On donne la référence du disque ainsi que la durée et le nombre de plages enregistrées s'il s'agit d'un CD-audio. Quelques disques sont des CD-ROM et contiennent de la musique enregistrée sous forme de fichiers wav. La dernière colonne du tableau indique le niveau (ou classe) de dégradation du disque tel que défini en 4.1 et calculé à partir des résultats d'analyse.

Le tableau suivant donne la description des différentes références de CD-R. Le code ATIP, inscrit dans le sillon du disque, est lisible par logiciel et permet d'identifier le fabricant. La nature de la couche sensible ("dye") est déduite de son aspect visuel (couleur) et du dernier chiffre du code ATIP, les valeurs à partir de 5 correspondant normalement à des phtalocyanines.

Liste des références de CD-R

| IDENTIFICATION DES REFERENCES |               |       |                        |                 | NOMBRE<br>DE<br>DISQUES |
|-------------------------------|---------------|-------|------------------------|-----------------|-------------------------|
| N°                            | MARQUE        | ATIP  | Fabricant              | Dye             |                         |
| 1                             | TDK           | 15 00 | TDK                    | Cyanine         | <b>5</b>                |
| 2                             | Memorex       | 15 17 | Ritek                  | phtalo          | <b>2</b>                |
| 3                             | Hi Space      | 16 32 | Grand Advance Tech.    | Cyanine         | <b>1</b>                |
| 4                             | Philips       | 24 00 | Taiyo Yuden            | Cyanine         | <b>2</b>                |
| 5                             | Philips       | 24 01 | Taiyo Yuden            | Cyanine         | <b>3</b>                |
| 6                             | Verbatim      | 24 01 | Taiyo Yuden            | Cyanine clair ? | <b>3</b>                |
| 7                             | ?             | 24 01 | Taiyo Yuden            | Cyanine clair ? | <b>1</b>                |
| 8                             | Hi Space      | 24 24 | Computer Support Italy | Cyanine         | <b>2</b>                |
| 9                             | Bluesky       | 24 26 | Computer Support Italy | phtalo          | <b>1</b>                |
| 10                            | Maxell        | 25 22 | Hitachi - Maxell       | Cyanine         | <b>1</b>                |
| 11                            | Maxell        | 25 28 | Hitachi - Maxell       | phtalo          | <b>1</b>                |
| 12                            | AMS           | 25 50 | AMS Tech.              | Cyanine         | <b>6</b>                |
| 13                            | ?             | 26 40 | Fuji                   | Cyanine         | <b>1</b>                |
| 14                            | Fuji          | 26 45 | Fuji                   | phtalo          | <b>1</b>                |
| 15                            | ?             | 26 50 | Lead Data              | Cyanine         | <b>5</b>                |
| 16                            | Rimax         | 26 50 | Lead Data              | Cyanine         | <b>3</b>                |
| 17                            | Memorex       | 26 66 | CMC Magnetics          | phtalo          | <b>2</b>                |
| 18                            | Imation       | 26 66 | CMC Magnetics          | phtalo          | <b>1</b>                |
| 19                            | Pioneer       | 27 31 | Pioneer                | Cyanine         | <b>3</b>                |
| 20                            | Kodak         | 27 45 | Kodak                  | phtalo          | <b>8</b>                |
| 21                            | Kodak         | 27 46 | Kodak                  | phtalo          | <b>2</b>                |
| 22                            | Mitsui        | 27 55 | Mitsui                 | phtalo          | <b>3</b>                |
| 23                            | Sony          | 27 55 | Mitsui                 | phtalo          | <b>1</b>                |
| 24                            | Mitsui        | 27 56 | Mitsui                 | phtalo          | <b>1</b>                |
| 25                            | Master        | 31 00 | Ritek                  | Cyanine         | <b>3</b>                |
| 26                            | FNAC          | 31 07 | Ritek                  | phtalo          | <b>1</b>                |
| 27                            | Traxdata      | 31 07 | Ritek                  | phtalo          | <b>1</b>                |
| 28                            | TDK           | 32 00 | TDK                    | Cyanine         | <b>5</b>                |
| 29                            | Precision     | 32 19 | Prodisc                | phtalo          | <b>4</b>                |
| 30                            | Memorex       | 32 19 | Prodisc                | phtalo          | <b>1</b>                |
| 31                            | Silver Circle | 32 19 | Prodisc                | phtalo          | <b>1</b>                |
| 32                            | Verbatim      | 34 20 | Mitsubishi             | Azo             | <b>13</b>               |
| 33                            | Verbatim      | 34 21 | Mitsubishi             | Azo             | <b>8</b>                |
| 34                            | Verbatim      | 34 23 | Mitsubishi             | Azo             | <b>2</b>                |

Note : Les références N° 7, 13 et 15 ne portent aucune indication de marque sur le disque ou sur sa boîte.

Liste des CD-R de la collection (N° 1 à 49)

| IDENTIFICATION DES DISQUES |                   |          |           |         |        |        |      | NIVEAU DE<br>DEGRADATION |
|----------------------------|-------------------|----------|-----------|---------|--------|--------|------|--------------------------|
| N°                         | REFERENCE DE CD-R |          |           | GRAVURE |        |        |      |                          |
|                            | N° REF            | MARQUE   | Code ATIP | Durée   | Plages | Année  |      |                          |
| 1                          | 32                | Verbatim | 34        | 20      | 73:40  | 14     | ?    | C                        |
| 2                          | 25                | Master   | 31        | 00      | 61:09  | 9      | ?    | C                        |
| 3                          | 28                | TDK      | 32        | 00      | 73:59  | 8      | 1994 | A                        |
| 4                          | 4                 | Philips  | 24        | 00      | 38:12  | 3      | 1995 | A                        |
| 5                          | 28                | TDK      | 32        | 00      | 53:04  | 6      | 1995 | A                        |
| 6                          | 22                | Mitsui   | 27        | 55      | 62:50  | 6      | 1997 | A                        |
| 7                          | 28                | TDK      | 32        | 00      | 69:48  | 6      | 1997 | A                        |
| 8                          | 11                | Maxell   | 25        | 28      | 63:00  | 6      | 1997 | A                        |
| 9                          | 4                 | Philips  | 24        | 00      | 59:53  | 4      | 1997 | A                        |
| 10                         | 28                | TDK      | 32        | 00      | 66:41  | 5      | 1997 | A                        |
| 11                         | 15                | ?        | 26        | 50      | 65:45  | 7      | 1997 | C                        |
| 12                         | 15                | ?        | 26        | 50      | 68:01  | 7      | 1997 | C                        |
| 13                         | 20                | Kodak    | 27        | 45      | 70:15  | 7      | 1998 | A                        |
| 14                         | 5                 | Philips  | 24        | 01      | 65:09  | 7      | 1998 | C                        |
| 15                         | 20                | Kodak    | 27        | 45      | 72:41  | 10     | 1998 | A                        |
| 16                         | 20                | Kodak    | 27        | 45      | 72:41  | 10     | 1998 | A                        |
| 17                         | 5                 | Philips  | 24        | 01      | 72:59  | 10     | 1998 | C                        |
| 18                         | 16                | Rimax    | 26        | 50      | 75:25  | 12     | 1999 | D                        |
| 19                         | 16                | Rimax    | 26        | 50      | 79:45  | 12     | 1999 | D                        |
| 20                         | 32                | Verbatim | 34        | 20      | 54:02  | 12     | 1999 | B                        |
| 21                         | 22                | Mitsui   | 27        | 55      | 56:27  | 16     | 1999 | A                        |
| 22                         | 22                | Mitsui   | 27        | 55      | 56:28  | 16     | 1999 | D                        |
| 23                         | 32                | Verbatim | 34        | 20      | 71:00  | CD-ROM | 1999 | A                        |
| 24                         | 32                | Verbatim | 34        | 20      | 62:38  | 21     | 1999 | A                        |
| 25                         | 32                | Verbatim | 34        | 20      | 62:55  | 9      | 1999 | C                        |
| 26                         | 26                | FNAC     | 31        | 07      | 72:01  | 11     | 2000 | C                        |
| 27                         | 32                | Verbatim | 34        | 20      | 62:26  | 14     | 2000 | A                        |
| 28                         | 10                | Maxell   | 25        | 22      | 58:38  | 16     | 2000 | A                        |
| 29                         | 13                | ?        | 26        | 40      | 54:11  | 15     | 2000 | C                        |
| 30                         | 33                | Verbatim | 34        | 21      | 71:05  | 9      | 2000 | A                        |
| 31                         | 16                | Rimax    | 26        | 50      | 79:37  | 10     | 2000 | D                        |
| 32                         | 27                | Traxdata | 31        | 07      | 73:08  | 9      | 2000 | B                        |
| 33                         | 24                | Mitsui   | 27        | 56      | 74:02  | 8      | 2000 | C                        |
| 34                         | 32                | Verbatim | 34        | 20      | 73:08  | 9      | 2000 | A                        |
| 35                         | 32                | Verbatim | 34        | 20      | 74:28  | 9      | 2000 | A                        |
| 36                         | 33                | Verbatim | 34        | 21      | 67:07  | 12     | 2000 | A                        |
| 37                         | 33                | Verbatim | 34        | 21      | 71:25  | 8      | 2000 | A                        |
| 38                         | 33                | Verbatim | 34        | 21      | 71:26  | 8      | 2000 | A                        |
| 39                         | 12                | AMS      | 25        | 50      | 78:04  | 10     | 2000 | B                        |
| 40                         | 33                | Verbatim | 34        | 21      | 77:47  | 10     | 2000 | A                        |
| 41                         | 20                | Kodak    | 27        | 45      | 72:17  | 19     | 2001 | A                        |
| 42                         | 33                | Verbatim | 34        | 21      | 72:17  | 19     | 2001 | A                        |
| 43                         | 17                | Memorex  | 26        | 66      | 67:37  | 15     | 2001 | A                        |
| 44                         | 19                | Pioneer  | 27        | 31      | 73:46  | 13     | 2001 | A                        |
| 45                         | 12                | AMS      | 25        | 50      | 49:56  | 14     | 2001 | C                        |
| 46                         | 20                | Kodak    | 27        | 45      | 53:51  | 14     | 2001 | A                        |
| 47                         | 20                | Kodak    | 27        | 45      | 53:51  | 14     | 2001 | B                        |
| 48                         | 12                | AMS      | 25        | 50      | 50:29  | 6      | 2001 | A                        |
| 49                         | 1                 | TDK      | 15        | 00      | 29:06  | 2      | 2001 | A                        |

Liste des CD-R de la collection (N° 50 à 99)

| IDENTIFICATION DES DISQUES |                   |               |           |         |        |        |      | NIVEAU DE<br>DEGRADATION |
|----------------------------|-------------------|---------------|-----------|---------|--------|--------|------|--------------------------|
| N°                         | REFERENCE DE CD-R |               |           | GRAVURE |        |        |      |                          |
|                            | N° REF            | MARQUE        | Code ATIP | Durée   | Plages | Année  |      |                          |
| 50                         | 12                | AMS           | 25        | 50      | 59:03  | 5      | 2001 | A                        |
| 51                         | 20                | Kodak         | 27        | 45      | 59:26  | 15     | 2001 | B                        |
| 52                         | 1                 | TDK           | 15        | 00      | 71:29  | CD-ROM | 2002 | A                        |
| 53                         | 8                 | Hi Space      | 24        | 24      | 58:16  | 7      | 2002 | B                        |
| 54                         | 1                 | TDK           | 15        | 00      | 69:46  | CD-ROM | 2002 | A                        |
| 55                         | 8                 | Hi Space      | 24        | 24      | 60:32  | 8      | 2002 | C                        |
| 56                         | 1                 | TDK           | 15        | 00      | 73:20  | 5      | 2002 | A                        |
| 57                         | 1                 | TDK           | 15        | 00      | 73:20  | 25     | 2002 | A                        |
| 58                         | 21                | Kodak         | 27        | 46      | 73:20  | 25     | 2002 | B                        |
| 59                         | 5                 | Philips       | 24        | 01      | 72:50  | CD-ROM | 2002 | A                        |
| 60                         | 2                 | Memorex       | 15        | 17      | ?      | ?      | 2002 | E                        |
| 61                         | 2                 | Memorex       | 15        | 17      | 55:13  | 13     | 2002 | A                        |
| 62                         | 29                | Precision     | 32        | 19      | 33:22  | 4      | 2002 | A                        |
| 63                         | 29                | Precision     | 32        | 19      | 33:22  | 4      | 2002 | A                        |
| 64                         | 29                | Precision     | 32        | 19      | 69:29  | 8      | 2002 | A                        |
| 65                         | 29                | Precision     | 32        | 19      | 70:52  | 8      | 2002 | A                        |
| 66                         | 30                | Memorex       | 32        | 19      | 68:53  | 8      | 2002 | A                        |
| 67                         | 6                 | Verbatim      | 24        | 01      | 63:16  | 5      | 2003 | A                        |
| 68                         | 7                 | ?             | 24        | 01      | 55:12  | 1      | 2003 | A                        |
| 69                         | 34                | Verbatim      | 34        | 23      | 68:51  | 5      | 2003 | A                        |
| 70                         | 6                 | Verbatim      | 24        | 01      | 68:43  | 4      | 2003 | A                        |
| 71                         | 6                 | Verbatim      | 24        | 01      | 74:54  | 7      | 2003 | A                        |
| 72                         | 34                | Verbatim      | 34        | 23      | 04:39  | CD-ROM | 2004 | A                        |
| 73                         | 9                 | Bluesky       | 24        | 26      | 75:44  | 12     | 1996 | B                        |
| 74                         | 19                | Pioneer       | 27        | 31      | 55:57  | 11     | 1997 | A                        |
| 75                         | 33                | Verbatim      | 34        | 21      | 23:47  | 14     | 1999 | A                        |
| 76                         | 17                | Memorex       | 26        | 66      | 68:34  | 10     | 2001 | D                        |
| 77                         | 15                | ?             | 26        | 50      | 58:10  | 6      | 2002 | C                        |
| 78                         | 32                | Verbatim      | 34        | 20      | 23:45  | 14     | 2002 | A                        |
| 79                         | 32                | Verbatim      | 34        | 20      | 28:55  | 6      | ?    | B                        |
| 80                         | 33                | Verbatim      | 34        | 21      | 67:07  | 12     | ?    | A                        |
| 81                         | 3                 | Hi Space      | 16        | 32      | 67:25  | 8      | 2000 | D                        |
| 82                         | 15                | ?             | 26        | 50      | 73:52  | 10     | 1997 | C                        |
| 83                         | 18                | Imation       | 26        | 66      | 74:03  | 8      | 2000 | B                        |
| 84                         | 12                | AMS           | 25        | 50      | 60:19  | 12     | 2001 | A                        |
| 85                         | 20                | Kodak         | 27        | 45      | 35:23  | 5      | ?    | A                        |
| 86                         | 32                | Verbatim      | 34        | 20      | 21:16  | 7      | ?    | A                        |
| 87                         | 31                | Silver Circle | 32        | 19      | 73:05  | CD-ROM | 2003 | A                        |
| 88                         | 19                | Pioneer       | 27        | 31      | 55:52  | 11     | ?    | A                        |
| 89                         | 25                | Master        | 31        | 00      | 13:29  | 10     | ?    | B                        |
| 90                         | 32                | Verbatim      | 34        | 20      | 23:59  | 4      | ?    | A                        |
| 91                         | 28                | TDK           | 32        | 00      | 69:01  | 6      | ?    | A                        |
| 92                         | 25                | Master        | 31        | 00      | 57:58  | 9      | ?    | B                        |
| 93                         |                   |               |           |         |        |        |      |                          |
| 94                         | 12                | AMS           | 25        | 50      | 50:10  | 10     | ?    | A                        |
| 95                         | 23                | Sony          | 27        | 55      | 52:48  | CD-ROM | 1999 | B                        |
| 96                         | 32                | Verbatim      | 34        | 20      | 07:16  | CD-ROM | 2000 | A                        |
| 97                         | 21                | Kodak         | 27        | 46      | 53:04  | 6      | ?    | A                        |
| 98                         | 15                | ?             | 26        | 50      | 63:28  | 8      | ?    | C                        |
| 99                         | 14                | Fuji          | 26        | 45      | 63:16  | 5      | 2003 | B                        |

Note : Le CD-R N° 93 n'existe pas. Le CD-R N° 60 ne pouvant plus être lu, il n'a pas été possible de déterminer le nombre de plages et la durée d'enregistrement.

### 3 ANALYSES DES CD-R

#### 3.1 MOYENS D'ANALYSE

La qualité d'un CD-R gravé est appréciée au moyen d'analyses effectuées avec un analyseur de CD. Un tel analyseur comprend essentiellement un lecteur de CD, l'analyse portant sur les taux d'erreurs numériques avant correction par les correcteurs C1 et C2 du système de correction propre aux CD. Chaque disque a été testé à l'aide d'un analyseur robotisé de type Clover DVX. L'analyse est effectuée à la vitesse 24x. Il s'agit d'une lecture à vitesse angulaire constante (CAV), la vitesse linéaire 24x n'étant obtenue qu'en fin de disque. Les résultats d'analyse sont les courbes des taux d'erreurs en fonction du temps.

Pour quelques disques on a effectué des analyses complémentaires à l'aide d'un analyseur de type R 40 XE, commercialisé par la société DaTARIUS. Cet analyseur donne, comme l'analyseur Clover, les taux d'erreurs numériques. Il permet de plus de visualiser le taux d'erreurs numériques BLER pour chaque élément de surface du disque (représentation de surface).

#### 3.2 TYPES D'ERREURS MESURES

En lecture d'un CD, le signal HF délivré par la tête de lecture est décodé afin d'en extraire l'information numérique. Le codage numérique à l'enregistrement est redondant de façon à permettre la correction de certaines erreurs qui sont inévitables. Il existe deux niveaux de correction des erreurs numériques (correcteurs C1 et C2).

En lecture à la vitesse 1x, chaque seconde du signal comprend 7350 blocs numériques. On distingue plusieurs types d'erreurs numériques, selon qu'il s'agit d'erreurs avant ou après la correction apportée par le premier correcteur d'erreur C1 :

- Le BLER (« BLock Error Rate ») est le taux de blocs erronés à l'entrée du correcteur C1 (nombre de blocs erronés divisé par le nombre total de blocs),
- Une erreur de type E22 est détectée lorsqu'un bloc présente 2 erreurs à l'entrée du décodeur C2,
- Une erreur de type E32 est détectée lorsqu'un bloc présente plus de 2 erreurs à l'entrée du décodeur C2 (erreur non corrigible).

Le BLER ainsi que les nombres d'erreurs E22 et E32 sont enregistrés, pour chaque seconde du signal.

La présence d'erreurs E22 et E32, lorsque les valeurs du BLER restent modérées, reflète en général l'existence de défauts ponctuels localisés sur la surface du disque, comme par exemple des salissures ou des rayures, mais aussi des taches au niveau de la couche sensible pouvant provenir de la fabrication du disque ou d'un vieillissement ponctuel.

L'appréciation de la qualité porte surtout sur les erreurs incorrigibles (E32). En effet, l'apparition d'erreurs incorrigibles indique que certaines données gravées sur le CD-R ne pourront pas être récupérées, tout au moins avec le lecteur et la vitesse de lecture utilisée par l'analyseur.

Des représentations de surface des paramètres (en particulier Bler) sont très intéressantes, car elles permettent de localiser les défauts.

### 3.3 RESULTATS DES ANALYSES

Les erreurs numériques BLER, E22, E32 de tous les disques, obtenues avec l'analyseur Clover DVX, sont données en annexes 1 et 2.

L'annexe 1 donne les courbes du logarithme des erreurs en fonction de la position sur le disque. Celle-ci est caractérisée par le temps en lecture à la vitesse 1x. La résolution est de 1 seconde. L'échelle logarithmique pour les ordonnées permet de rendre visible à la fois les faibles valeurs, par exemple inférieures à 10 (logarithme inférieur à 1) et la valeur maximale de 7350 (logarithme égal à 3,86).

Dans l'annexe 2, sont données les valeurs moyennes sur tout le disque, la valeur maximale (1s) et la valeur maximale moyennée sur 10 secondes. Pour les erreurs E22 et E32, on donne également le nombre total sommé sur tout le disque.

On constate que certains disques présentent une valeur isolée de E32 égale à 7350 en fin de disque. Cela correspond sans doute à la manière dont le disque a été finalisé à l'enregistrement et ne doit pas être considéré comme une dégradation du disque. Il en est de même des erreurs E22 isolées apparaissant en début de plage sur de nombreux disques.

## 4 SYNTHESE DES ANALYSES

### 4.1 DEFINITION DES CLASSES DE DEGRADATION

De nombreux disques présentent des dégradations importantes, souvent avec des erreurs incorrigibles (E32). Cela peut concerner une partie ou la totalité du disque. On considère 5 classes de dégradation :

- Classe A : le Bler moyen est inférieur à 15, la valeur maximale du Bler (10s) est inférieure à 100. Il n'y a pas d'erreurs E32 sur plus de 1% du disque (cela permet de ne pas tenir compte d'une erreur E32 isolée en fin de disque).
- Classe B : Il n'y a pas d'erreurs E32 sur plus de 0,5% du disque.
- Classe C : Les erreurs E32 concernent plus de 1% et moins de 75% du disque.
- Classe D : Les erreurs E32 concernent plus de 75% du disque.
- Classe E : Disque non lisible

Les classes A et B concernent des disques pour lesquels il n'y a pas de pertes de données, la classe A correspondant à des disques pleinement satisfaisants, et la classe B soit à des disques présentant un début de dégradation, soit à des disques de faible qualité de gravure.

Les classes C et D concernent des disques fortement dégradés, avec pertes de données, la classe D correspondant à des disques pratiquement détruits.

La classe E des disques non lisibles correspond soit à des disques extrêmement dégradés, soit à des disques ayant un problème de lecture de la table du contenu (TOC : « table of contents »).

## 4.2 PROPORTIONS DES CLASSES DE DEGRADATION

Le tableau ci-dessous donne, pour chaque classe de dégradation, les nombres de disques et la proportion qu'ils représentent dans la collection.

| Classes de dégradation |     |     |    |    |
|------------------------|-----|-----|----|----|
| A                      | B   | C   | D  | E  |
| 62                     | 14  | 15  | 6  | 1  |
| 63%                    | 14% | 15% | 6% | 1% |

On constate que près des deux tiers des disques ne présentent aucune dégradation significative (classe A). A contrario, plus de 22% des disques sont fortement dégradés (classes C, D, E). Les dégradations ne concernent le plus souvent qu'une partie du disque (classe C). La zone la plus dégradée est située le plus souvent près du bord externe du disque.

## 4.3 CLASSES DE DEGRADATION PAR REFERENCE

Le tableau ci-dessous donne, pour chaque référence de CD-R, le pourcentage des disques de chaque classe.

| REFERENCES |               | NOMBRE<br>DE<br>DISQUES | Répartition des niveaux de dégradation |          |          |          |          |
|------------|---------------|-------------------------|----------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| N°         | MARQUE        |                         | Classe A                               | Classe B | Classe C | Classe D | Classe E |
| 1          | TDK           | 5                       | 100%                                   |          |          |          |          |
| 2          | Memorex       | 2                       | 50%                                    |          |          |          | 50%      |
| 3          | Hi Space      | 1                       |                                        |          |          | 100%     |          |
| 4          | Philips       | 2                       | 100%                                   |          |          |          |          |
| 5          | Philips       | 3                       | 33%                                    |          | 67%      |          |          |
| 6          | Verbatim      | 3                       | 100%                                   |          |          |          |          |
| 7          | ?             | 1                       | 100%                                   |          |          |          |          |
| 8          | Hi Space      | 2                       |                                        | 50%      | 50%      |          |          |
| 9          | Bluesky       | 1                       |                                        | 100%     |          |          |          |
| 10         | Maxell        | 1                       | 100%                                   |          |          |          |          |
| 11         | Maxell        | 1                       | 100%                                   |          |          |          |          |
| 12         | AMS           | 6                       | 67%                                    | 17%      | 17%      |          |          |
| 13         | ?             | 1                       |                                        |          | 100%     |          |          |
| 14         | Fuji          | 1                       |                                        | 100%     |          |          |          |
| 15         | ?             | 5                       |                                        |          | 100%     |          |          |
| 16         | Rimax         | 3                       |                                        |          |          | 100%     |          |
| 17         | Memorex       | 2                       | 50%                                    |          |          | 50%      |          |
| 18         | Imation       | 1                       |                                        | 100%     |          |          |          |
| 19         | Pioneer       | 3                       | 100%                                   |          |          |          |          |
| 20         | Kodak         | 8                       | 75%                                    | 25%      |          |          |          |
| 21         | Kodak         | 2                       | 50%                                    | 50%      |          |          |          |
| 22         | Mitsui        | 3                       | 67%                                    |          |          | 33%      |          |
| 23         | Sony          | 1                       |                                        | 100%     |          |          |          |
| 24         | Mitsui        | 1                       |                                        |          | 100%     |          |          |
| 25         | Master        | 3                       |                                        | 67%      | 33%      |          |          |
| 26         | FNAC          | 1                       |                                        |          | 100%     |          |          |
| 27         | Traxdata      | 1                       |                                        | 100%     |          |          |          |
| 28         | TDK           | 5                       | 100%                                   |          |          |          |          |
| 29         | Precision     | 4                       | 100%                                   |          |          |          |          |
| 30         | Memorex       | 1                       | 100%                                   |          |          |          |          |
| 31         | Silver Circle | 1                       | 100%                                   |          |          |          |          |
| 32         | Verbatim      | 13                      | 69%                                    | 15%      | 15%      |          |          |
| 33         | Verbatim      | 8                       | 100%                                   |          |          |          |          |
| 34         | Verbatim      | 2                       | 100%                                   |          |          |          |          |



Les références ayant des disques fortement dégradés (classes C, D, E) sont au nombre de 14 sur un total de 34 références, soit un peu plus de 40% des références. Les références ne présentant que des disques fortement dégradés sont au nombre de 6 (18% des références).

Inversement, les références ne présentant que des disques sans dégradation significative sont au nombre de 13, soit un peu moins de 40% des références.

Manifestement, la répartition des disques dégradés n'est pas indépendante de la référence de CD-R. Par exemple, la référence N°16 compte 3 disques de classe D. L'occurrence de la classe D n'étant que de 6%, la probabilité que les 3 disques soient de classe D, sans relation avec la référence, ne serait que de 2 pour 10 000. Un autre exemple est celui de la référence N°33 qui compte 8 disques tous de classe A. La probabilité que cela soit dû au hasard n'est que de 2,5%.

## 6 REPRESENTATION DE SURFACE DU TAUX D'ERREUR BLER

Il est intéressant de visualiser les taux d'erreurs BLER selon l'emplacement sur le disque. Les représentations de surface du taux d'erreur BLER, obtenues avec l'analyseur DaTARIUS sont données en annexe 3. On n'a retenu que les disques de 12 références qui présentent de fortes dégradations. On montre deux disques par référence, lorsque cela est possible.

L'importance du BLER est représentée par un code de couleur. Les faibles valeurs du BLER sont représentées en blanc et les fortes valeurs en rouge avec la couleur verte en intermédiaire. L'échelle des couleurs n'est pas exactement la même pour tous les disques pour faire ressortir au mieux la localisation de la dégradation. Il s'agit donc de représentations qualitatives.

On remarque que les disques d'une même référence ont des représentations de surface des erreurs très similaires.

### Erreurs près du bord externe

Les erreurs apparaissent souvent à partir d'une partie du bord externe et en se propagent vers l'intérieur du disque, la zone dégradée ayant la forme d'un croissant. C'est le cas des références N°5, 13, 17, 24, 25 et 32.

### Dégradation due à la lumière

La référence N°15 est particulière, car elle fait apparaître deux zones dégradées en forme de croissant et situées en positions diamétralement opposées. La dégradation est extrêmement prononcée à l'intérieur de ces deux croissants. On peut observer visuellement la décoloration du dye dans ces croissants. L'étude du signal HF montre que le contraste de la gravure s'affaiblit très notablement dans ces zones, à la fois par éclaircissement des zones gravées et par assombrissement des zones non gravées. Cette dégradation est similaire à celle que l'on peut obtenir en faisant subir à des CD-R une très forte exposition à la lumière. Par ailleurs, on s'aperçoit que les deux croissants peuvent correspondre à deux zones ajourées des boîtiers. Cela confirmerait que la dégradation de la référence N°15 est bien due à l'effet de la lumière. Cela suppose que les cinq disques concernés n'ont pas été sortis de leur boîtier car un remplacement du disque dans son boîtier décalerait les zones dégradées.

### Influence de la sérigraphie du dos des disques

Sur plusieurs références, on peut reconnaître l'étiquette sérigraphiée sur les représentation de surface des erreurs. C'est le cas des références N°3, 8, 12, 16, 17, 25. Cela montre que l'opération de sérigraphie influence la dégradation, mais cela ne signifie pas forcément qu'elle en est à l'origine. Le cas de la référence N°25 est remarquable par le fait que l'image des éléments sérigraphiés est inversée pour les deux disques de cette référence (CD-R N° 2 et 92). Pour le disque N°2, les inscriptions apparaissent en blanc sur vert (moins d'erreurs sur les inscriptions), alors que pour le disque N°92, elles apparaissent en vert sur blanc (plus d'erreurs sur les inscriptions).

### Influence d'un marquage manuel du dos des disques

Un tel marquage est visible sous forme d'erreurs sur le disque N°73 (référence N°9). Il s'agit d'écriture au stylo feutre. Seule une petite partie de l'écriture transparaît. Les erreurs peuvent être générées par la migration de l'encre au travers du vernis et de la couche métallique jusqu'à la zone gravée. Toutefois aucune trace n'est visible depuis la face de lecture. Il est également possible que la dégradation provienne d'un effet mécanique de la pointe du stylo sur le dos du disque, sachant que la couche de vernis protectrice est peu épaisse.

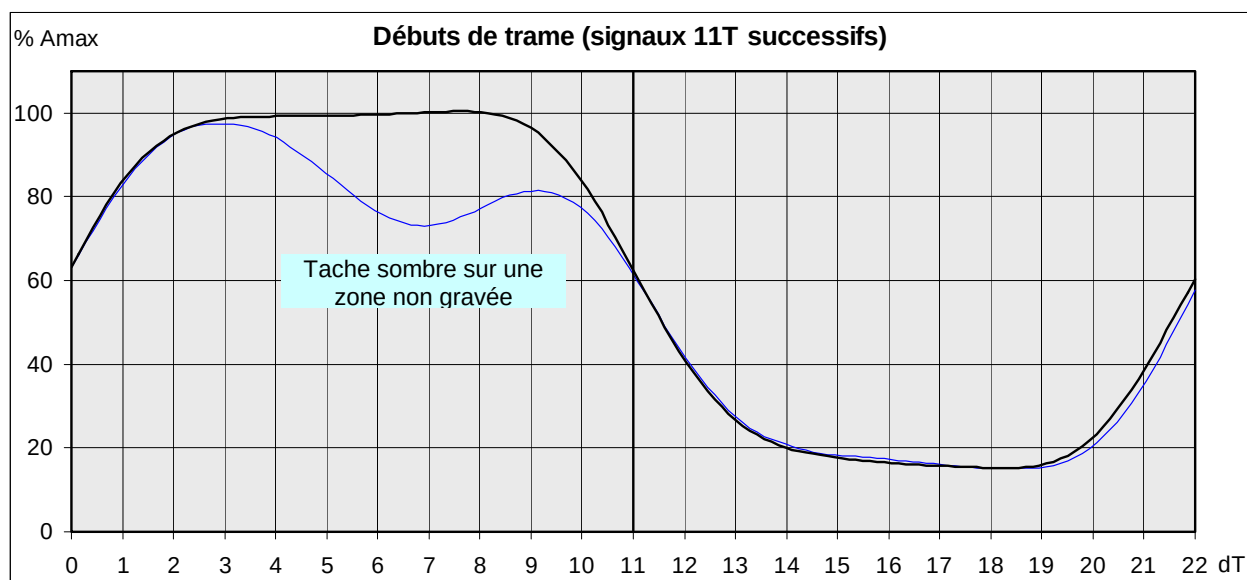
## 7 ANALYSE DU SIGNAL HF

L'analyse détaillée du signal HF a été faite pour certains disques. Les prélèvements (durée 32 ms en lecture à la vitesse 8x) sont effectués en plusieurs endroits des disques. On peut retenir les points suivants :

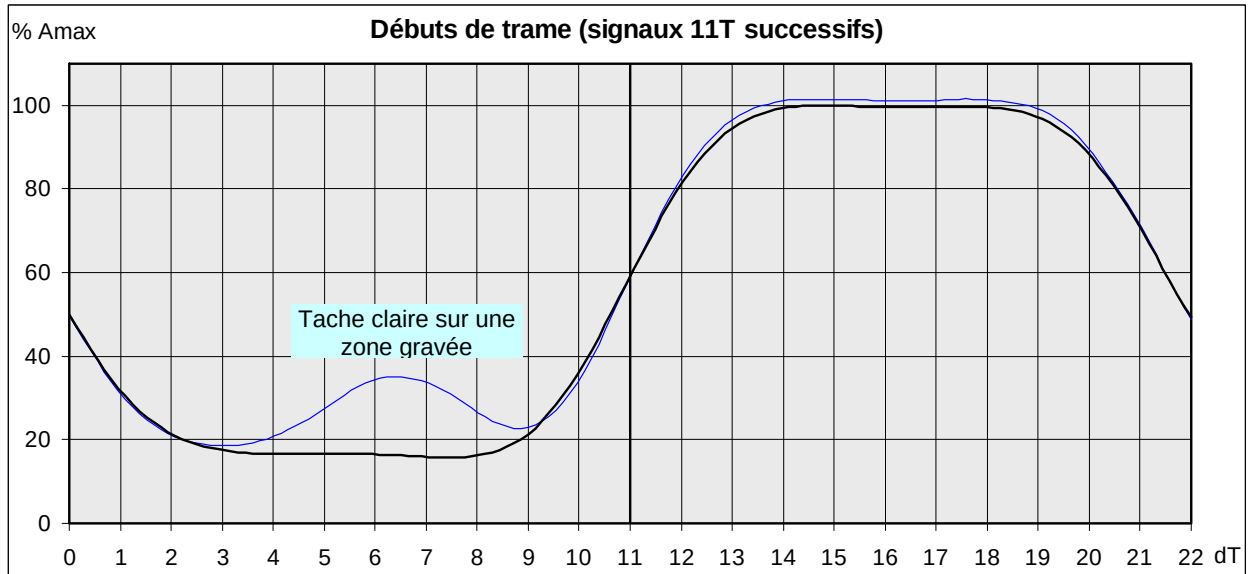
- Les dégradations en terme d'erreurs numériques proviennent très souvent de micro-taches sombres sur les zones non gravées du sillon (lands). C'est le cas des références N°3, 5, 8, 16, 17, 24, 25, 32.
- Les assombrissements de zones non gravées sont parfois plus étalés comme avec la référence N°13
- La référence N°8 fait également apparaître des micro-taches claires sur les parties gravées.
- La référence N°15 comporte deux zones diamétralement opposées où l'amplitude du signal est fortement réduite par l'assombrissement des lands et l'éclaircissement des pits (chute du contraste). Les erreurs numériques y sont très importantes. Cette dégradation est attribuée à l'influence de la lumière (cf. § 6.). La référence N°25 comporte également des zones de ce type, mais sans la présence d'erreurs numériques fortes.

Les graphes suivants illustrent ces défauts. On y représente des débuts de trames qui sont dégradés par rapport à un début de trame normal qui est constitué d'un pit et d'un land 11T (trait noir).

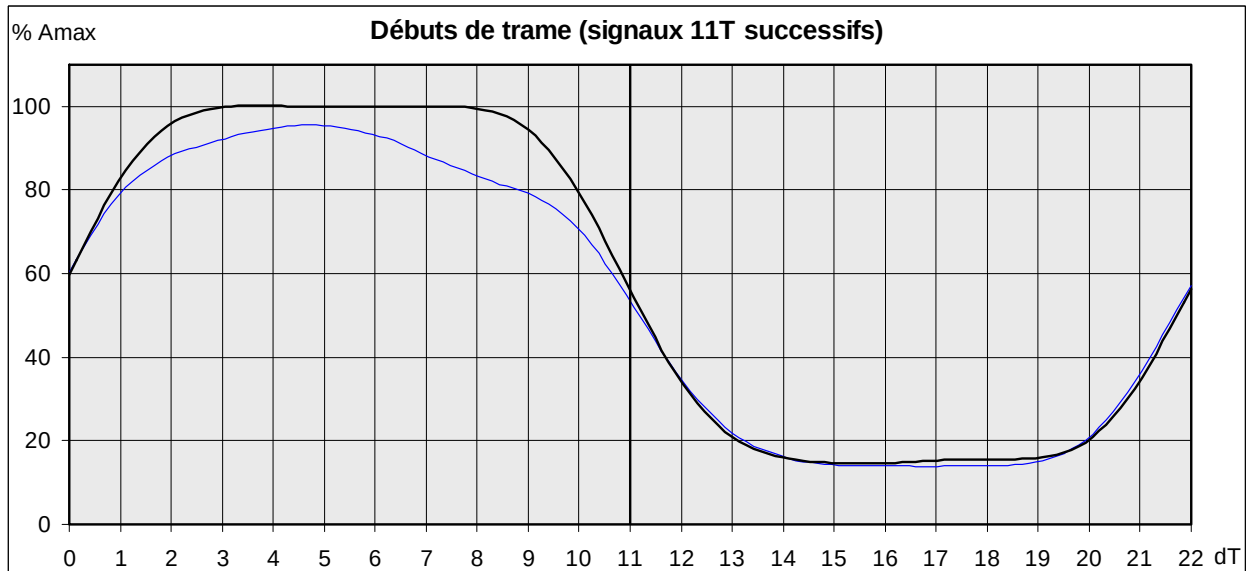
CD-R 81 (réf. N°3) – Micro-tache sombre sur land 11T



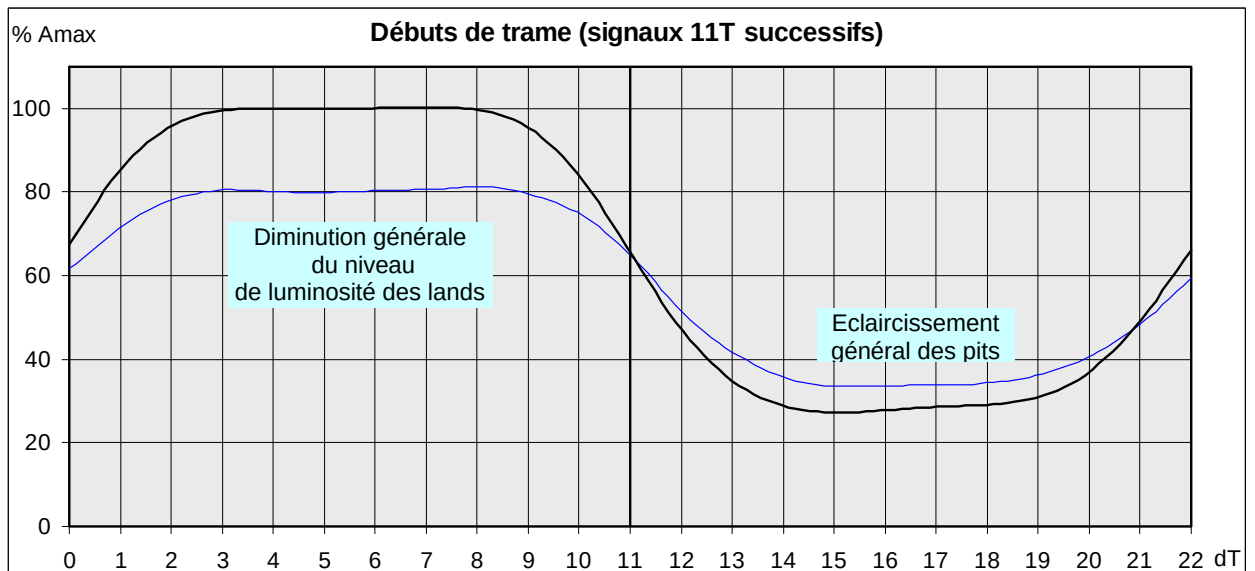
CD-R 55 (réf. N°8) – Micro-tache claire sur land 11T



CD-R 29 (réf. N°13) – Fluctuation sombre sur land 11T



CD-R 11 (réf. N°15) – Perte de contraste entre Land et pit



## 8 CONCLUSION

Les analyses de 98 CD-R de la collection privée font apparaître une vingtaine de disques fortement dégradés, avec perte partielle ou totale des enregistrements musicaux. La qualité initiale des disques n'est pas connue. Cependant le type de défaut rencontré, en particulier le fait que la dégradation n'affecte souvent qu'une partie du disque, laisse à penser qu'il ne peut s'agir que d'un vieillissement après gravure et non pas de défauts dus à la gravure.

On retrouve majoritairement un type de dégradation qui affecte d'abord la bordure externe du disque, puis gagne progressivement les parties plus centrales. L'analyse du signal HF fait apparaître que la cause des erreurs numériques est, le plus souvent, liée à l'apparition de micro-taches sombres principalement sur les zones non gravées du sillon. Bien que ce type de dégradation soit relativement fréquent à la fois en vieillissement artificiel et en vieillissement naturel des CD-R, le phénomène physique qui en est à l'origine reste à élucider.

Un autre type de dégradation se manifeste sur tous les disques de la référence N°15, dont le code ATIP correspond à une fabrication Lead Data. Il s'agit très probablement d'une dégradation due à la lumière. Cette dégradation est identifiable visuellement sur deux parties diamétralement opposées des disques, le dye ayant changé de couleur de vert à vert-jaune.

Le pourcentage de références de CD-R présentant des disques fortement dégradés atteint 40%, la moitié de ces références n'ayant que des disques dégradés. Cela montre qu'en l'absence de sélection des références, la perte de données sur une durée de l'ordre de 10 ans est non négligeable.

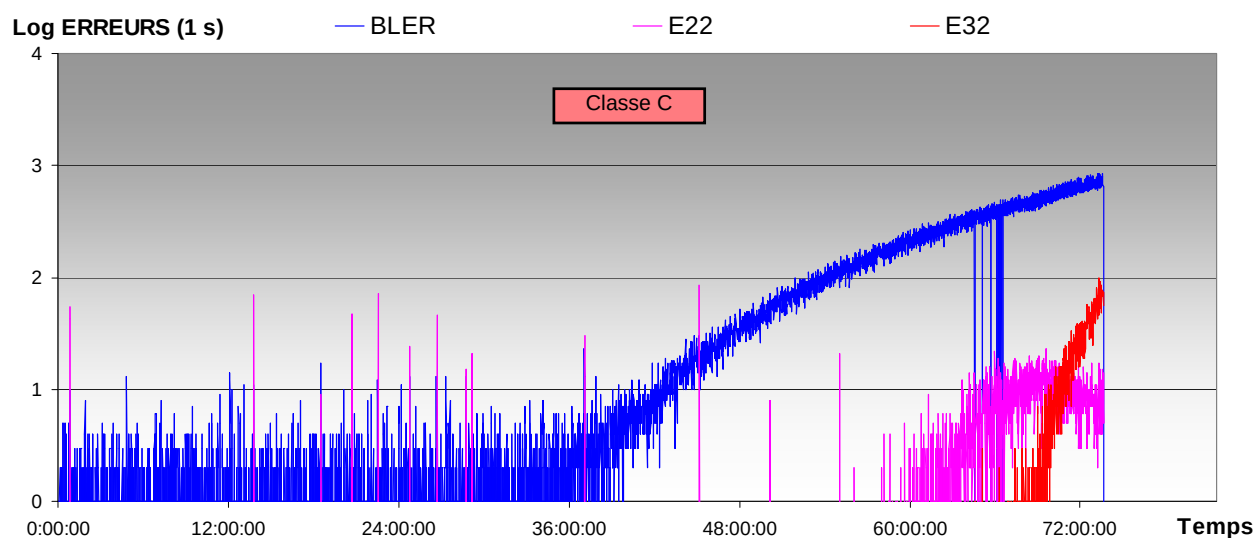


## **ANNEXE 1**

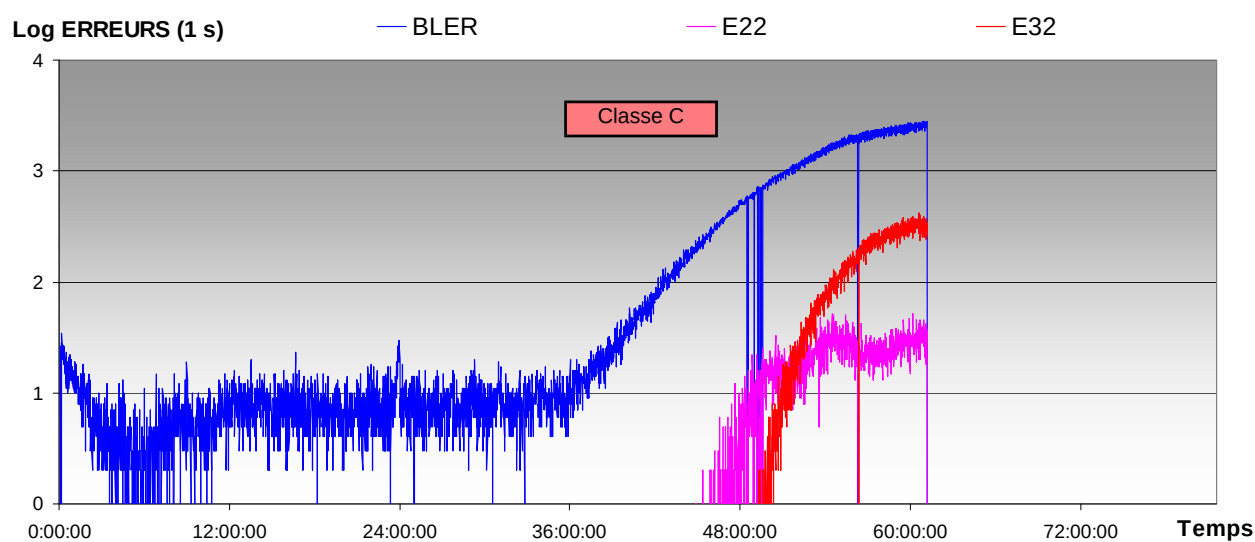
### **Représentations graphiques des taux d'erreurs numériques pour chaque disque**

**Courbes en fonction de la position sur le disque**

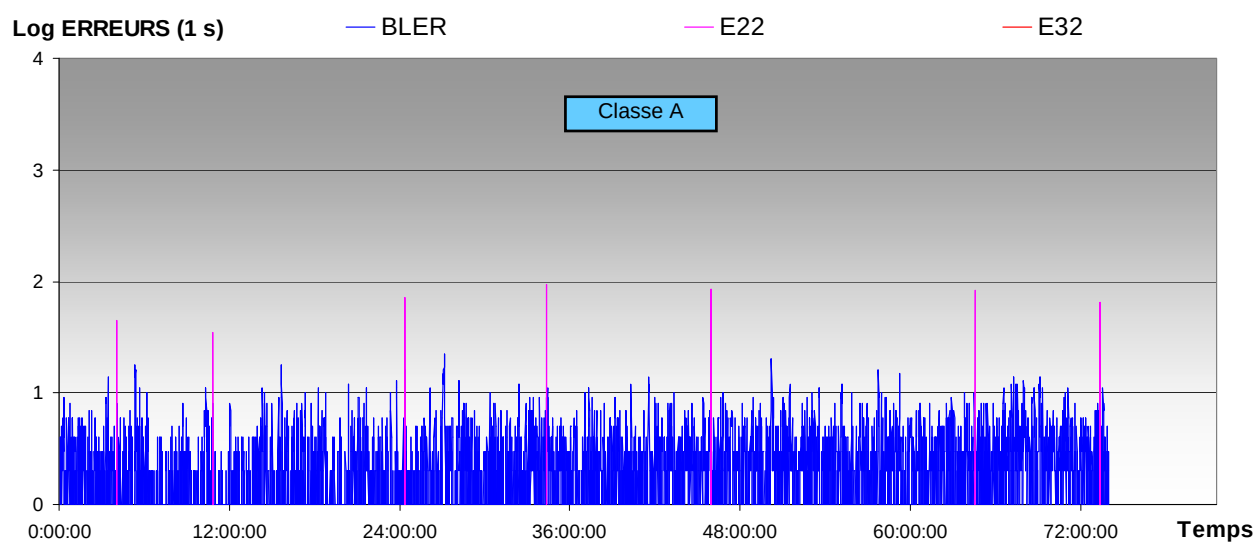
## Disque N° 1 – Réf. 32 (Verbatim)



## Disque N° 2 – Réf. 25 (Master)

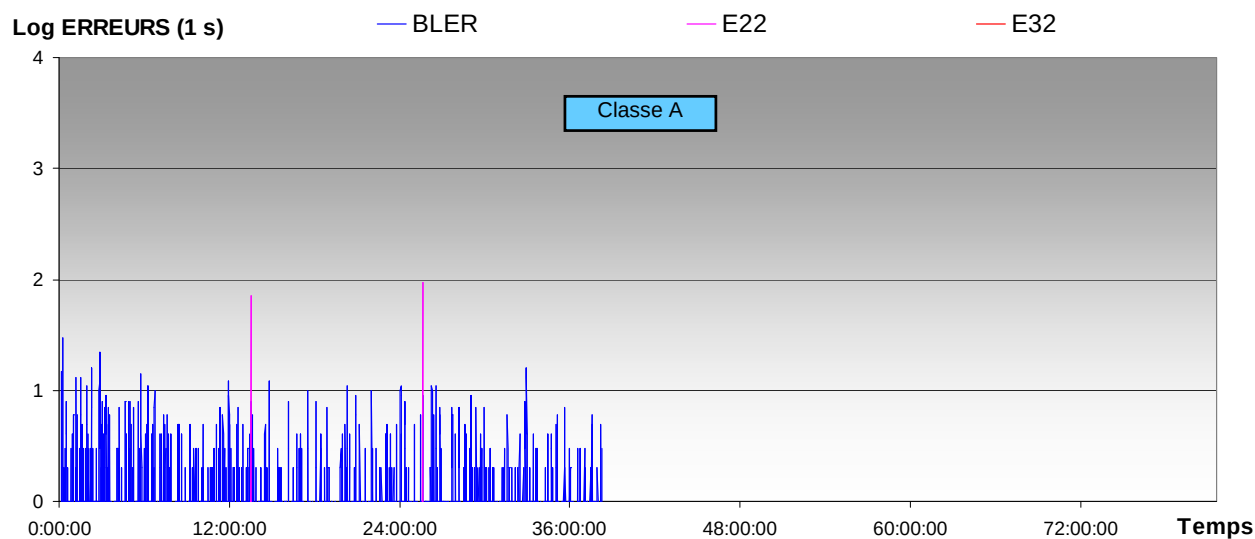


## Disque N° 3 – Réf. 28 (TDK) - 1994

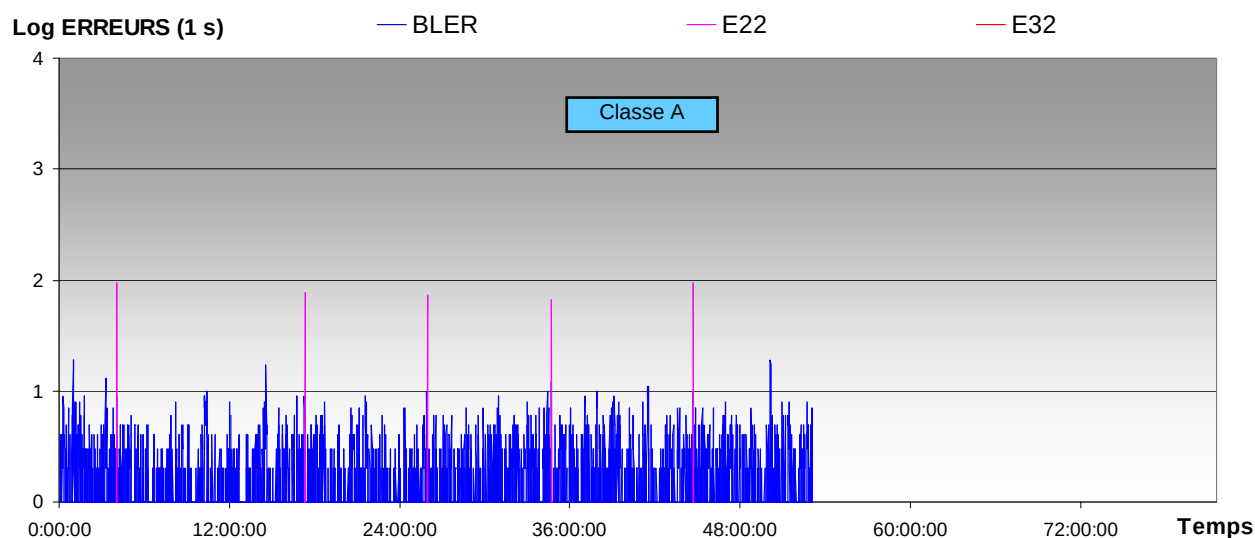




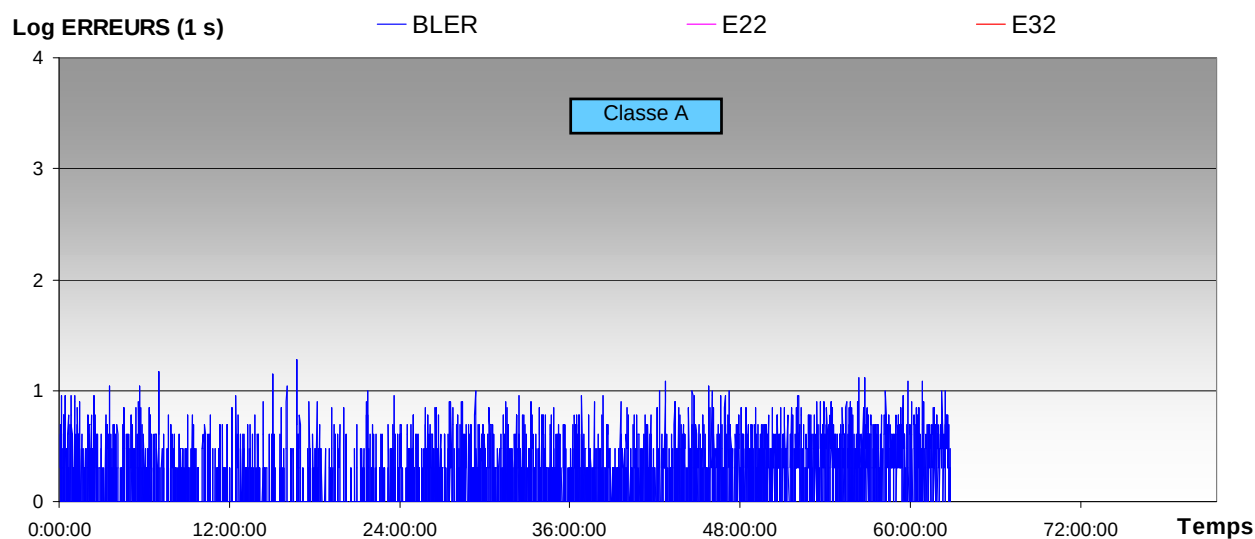
### Disque N° 4 – Réf. 4 (Philips) - 1995



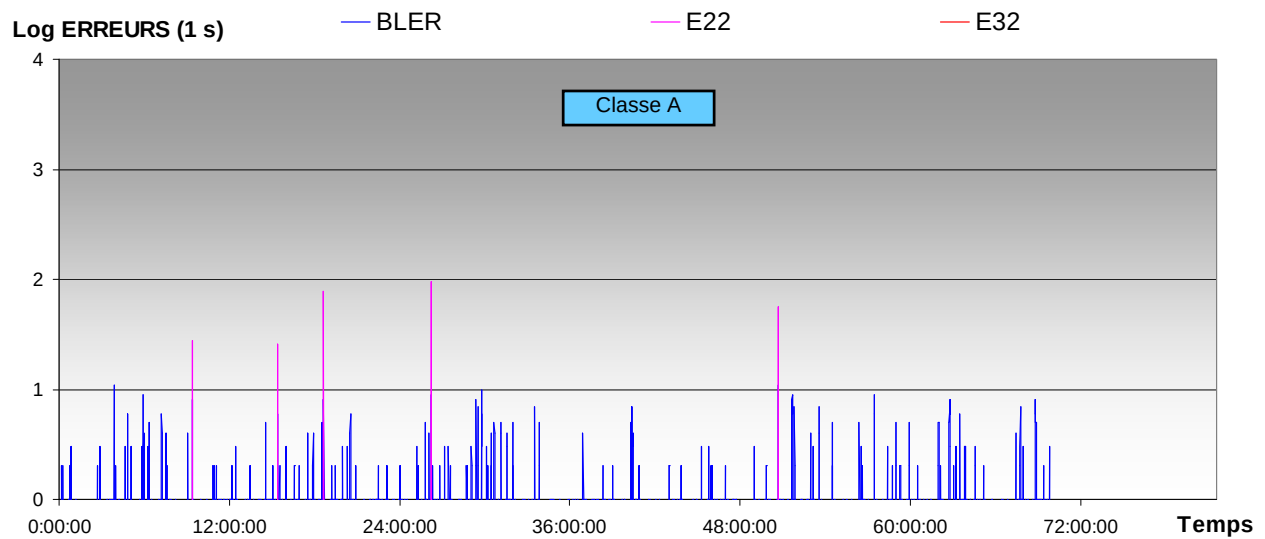
### Disque N° 5 – Réf. 28 (TDK) - 1995



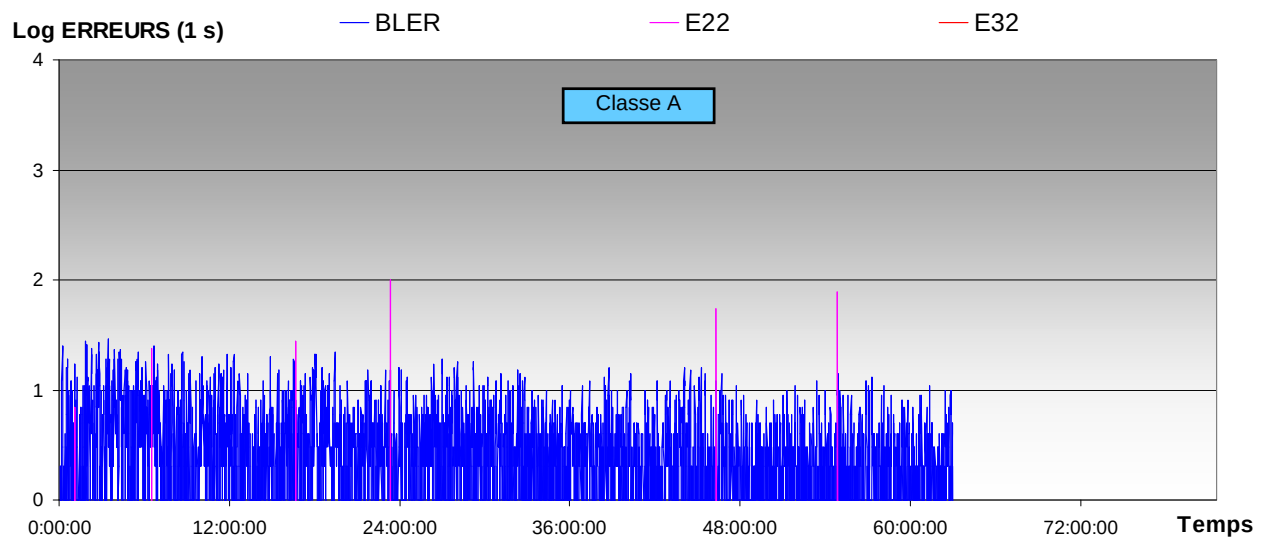
### Disque N° 6 – Réf. 22 (Mitsui) - 1997



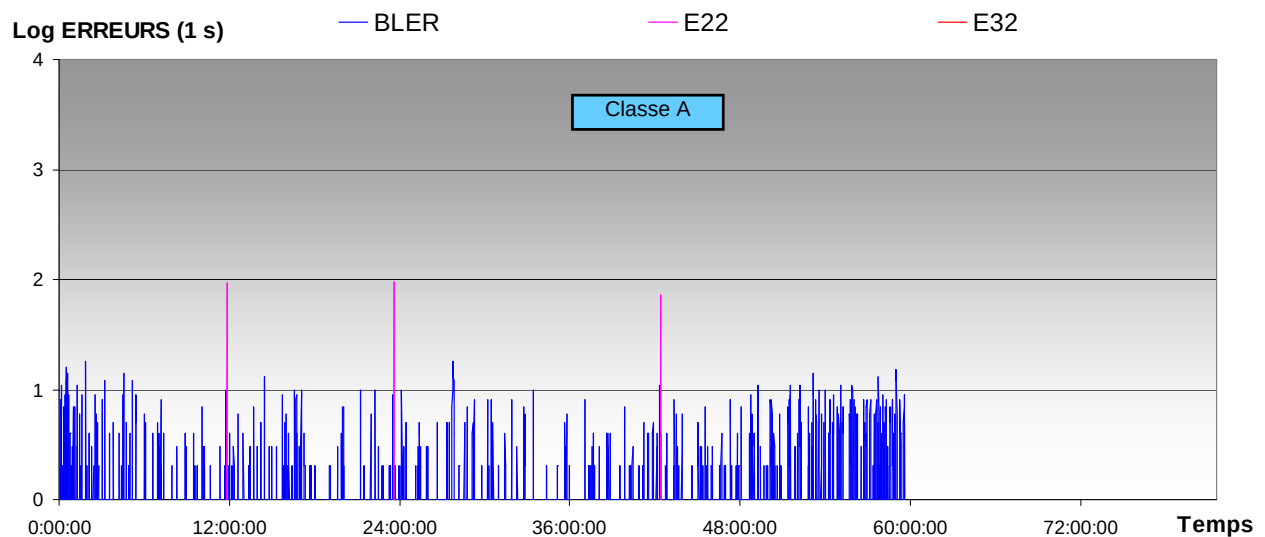
### Disque N° 7 – Réf. 28 (TDK) - 1997



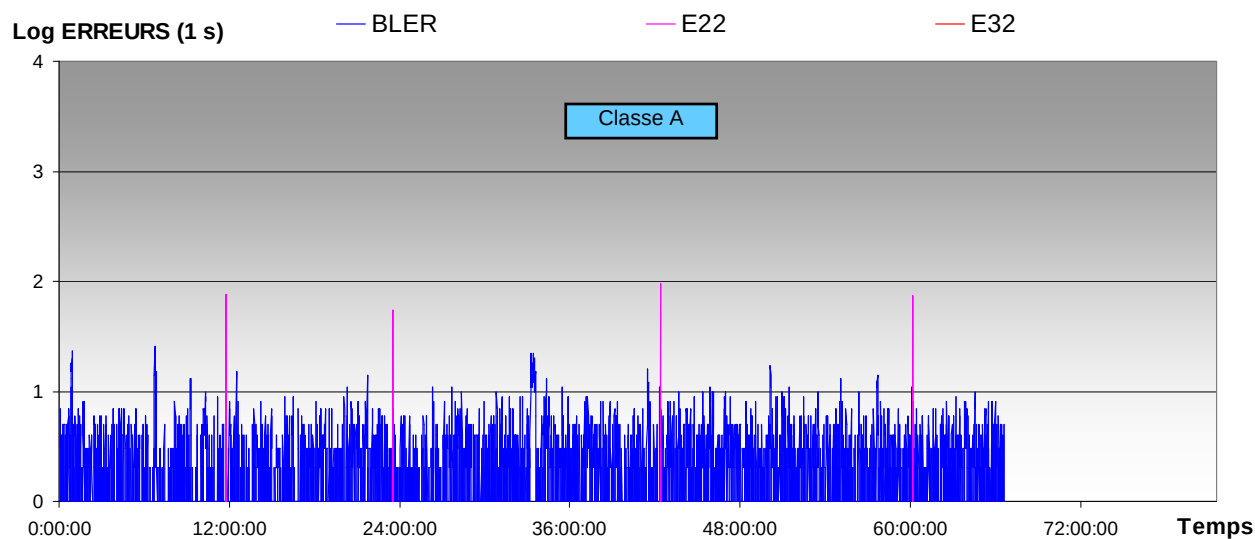
### Disque N° 8 – Réf. 11 (Maxell) - 1997



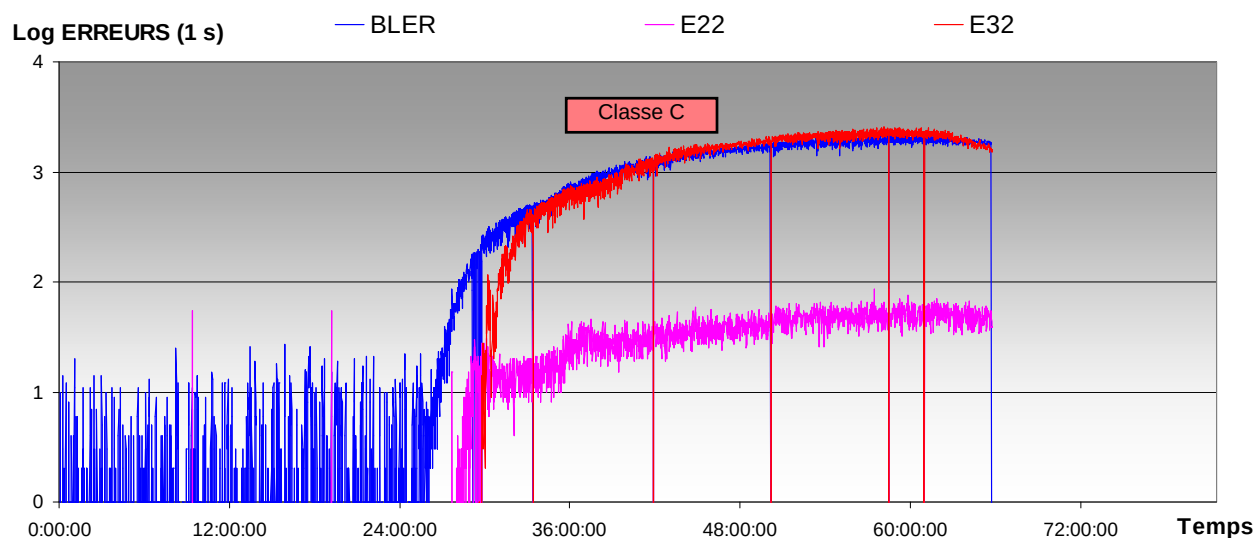
### Disque N° 9 – Réf. 4 (Philips) - 1997



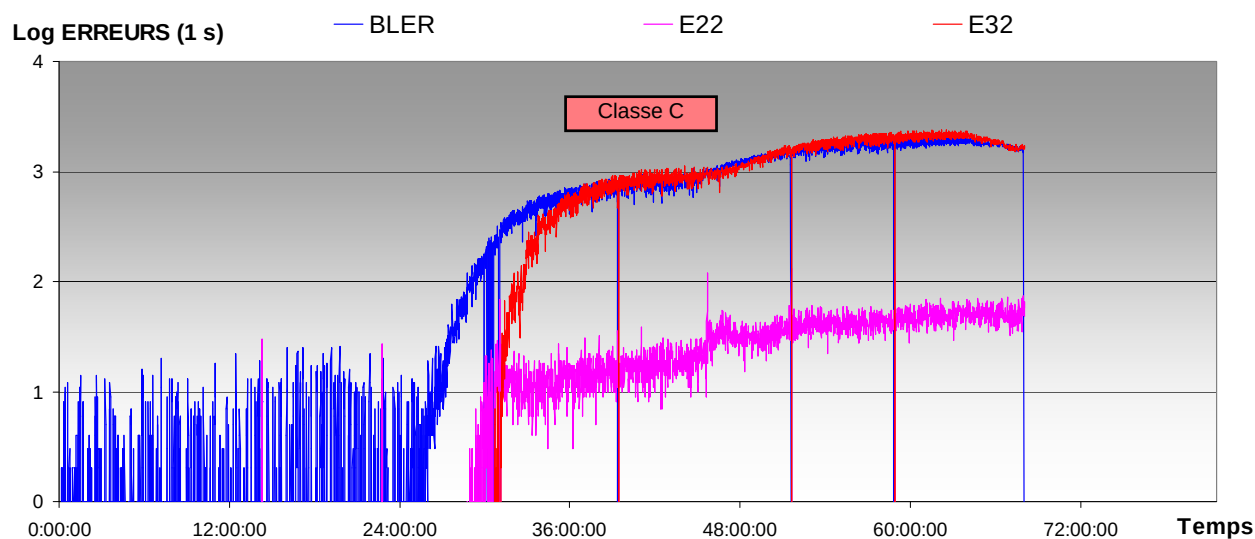
## Disque N° 10 – Réf. 28 (TDK) - 1997



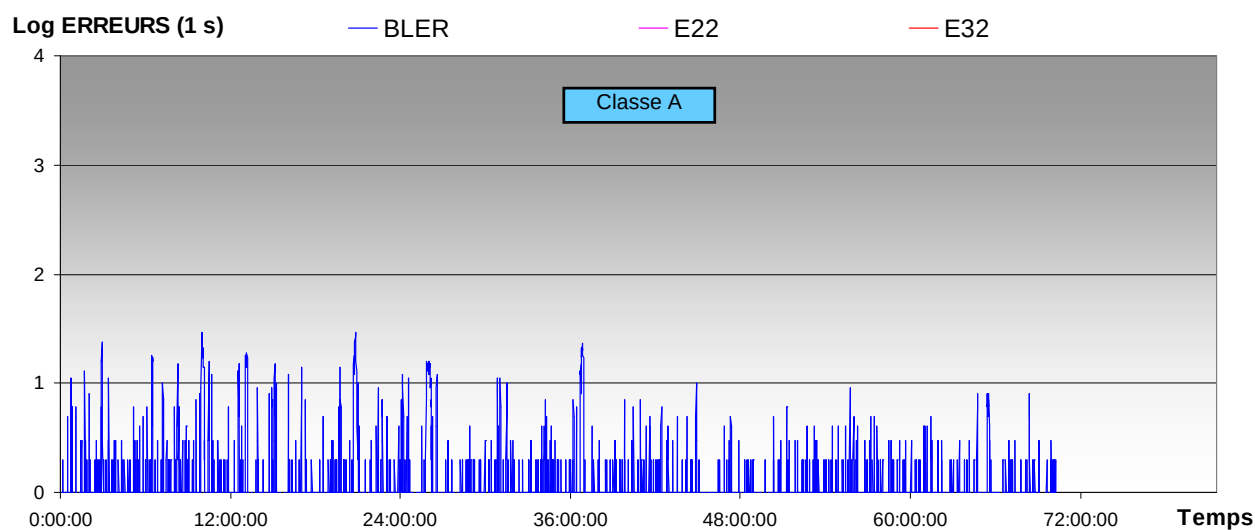
## Disque N° 11 – Réf. 15 ( ? ) - 1997



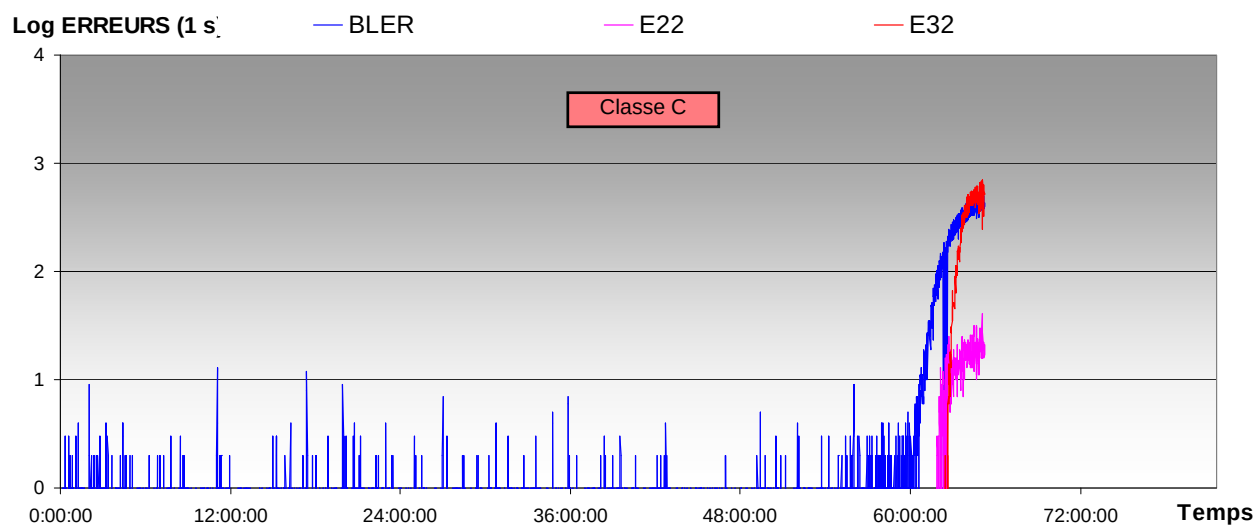
## Disque N° 12 – Réf. 15 ( ? ) - 1997



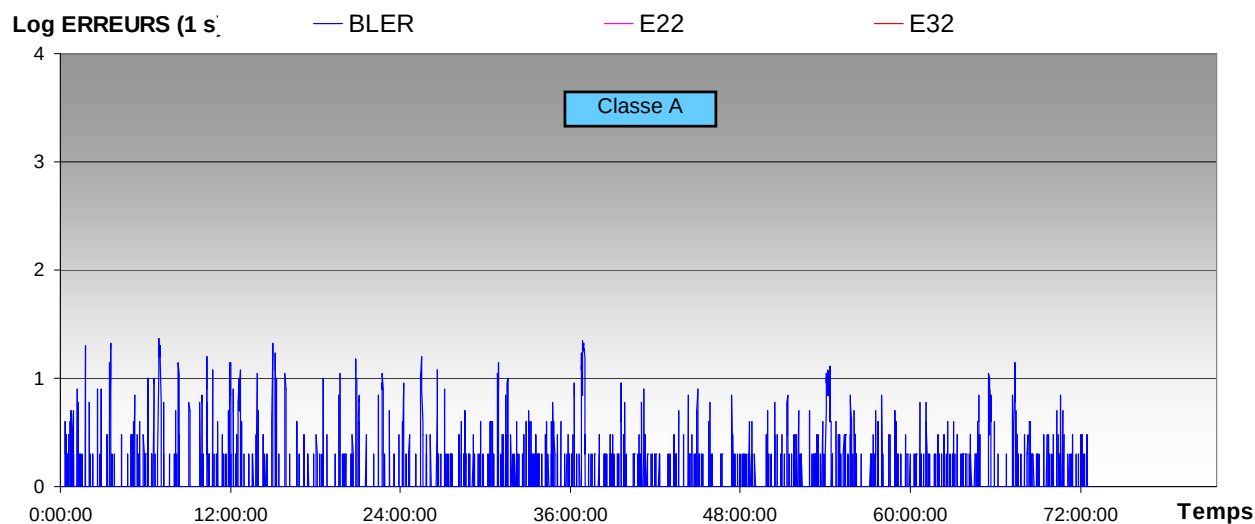
## Disque N° 13 – Réf. 20 (Kodak) - 1998



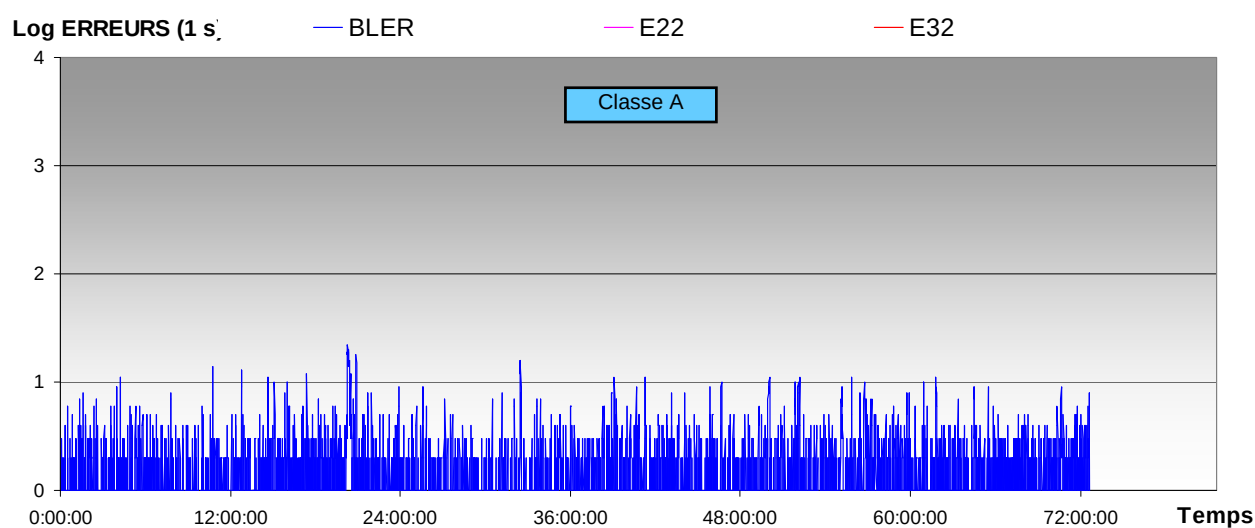
## Disque N° 14 – Réf. 5 (Philips) - 1998



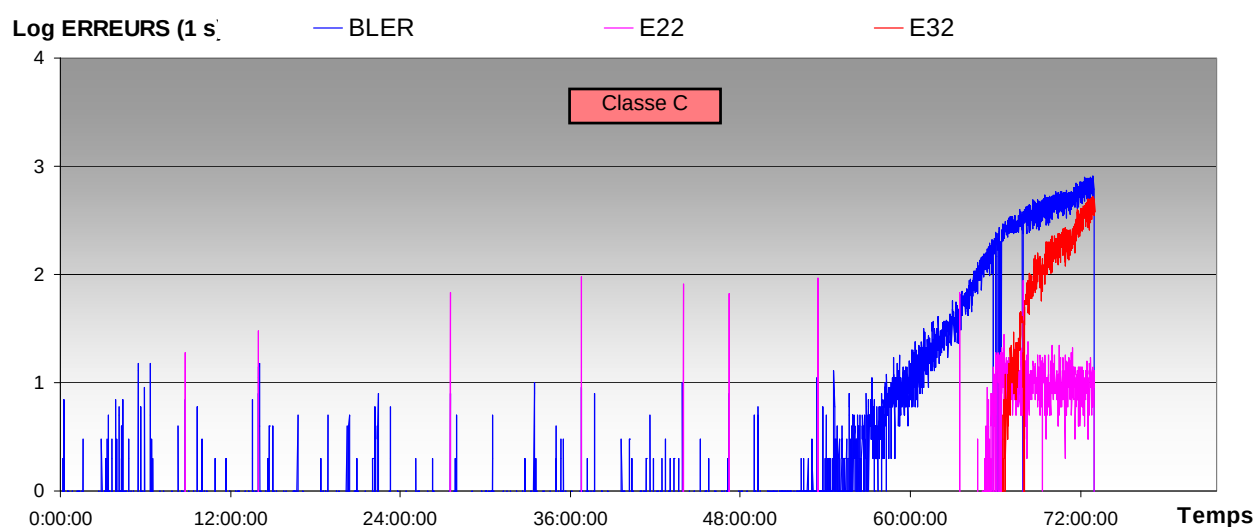
## Disque N° 15 – Réf. 20 (Kodak) - 1998



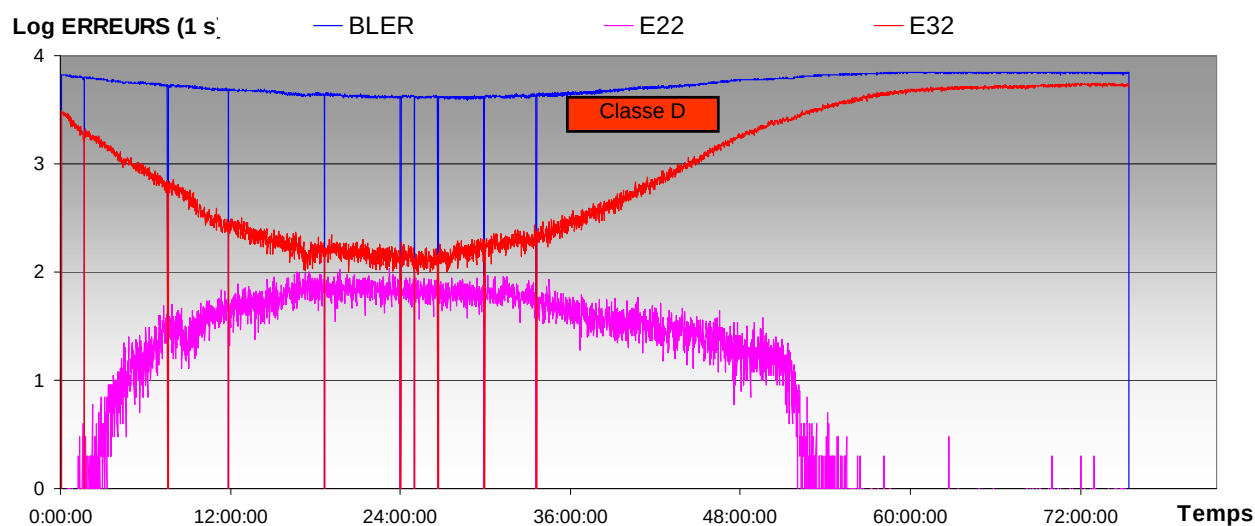
## Disque N° 16 – Réf. 20 (Kodak) - 1998



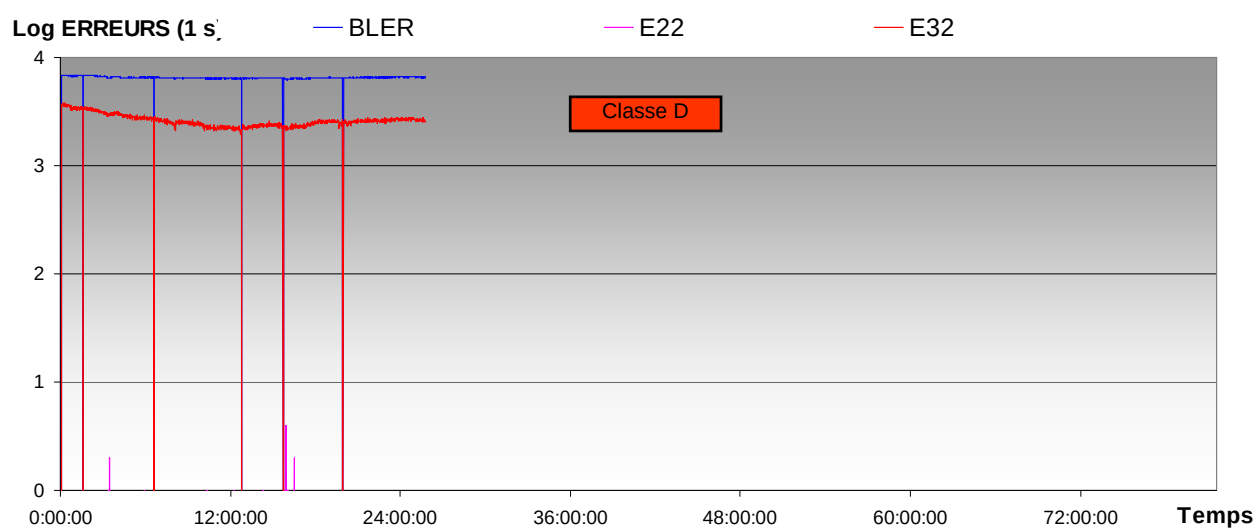
## Disque N° 17 – Réf. 5 (Philips) - 1998



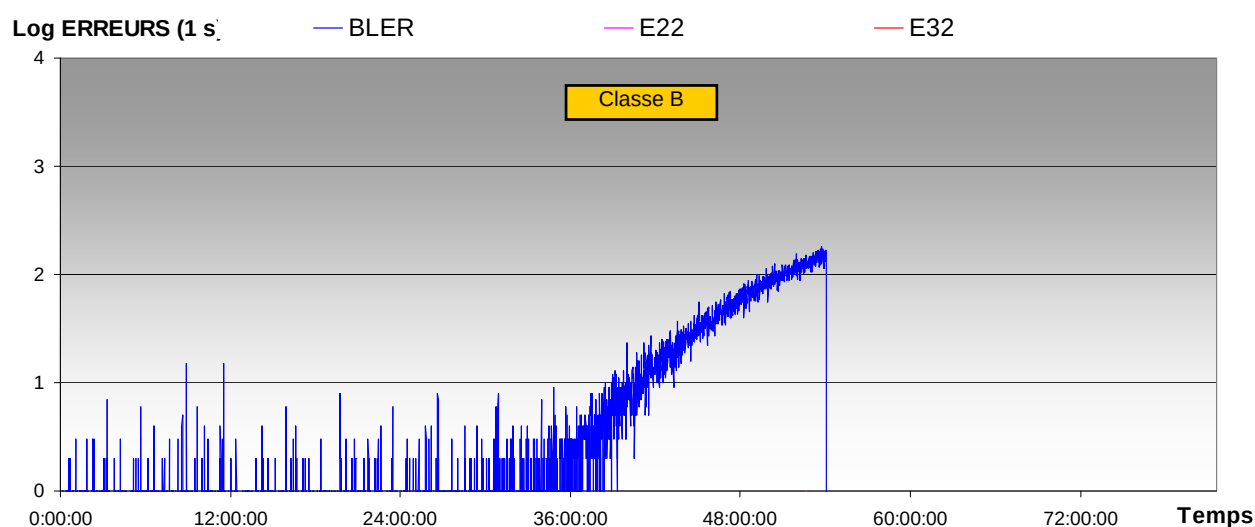
## Disque N° 18 – Réf. 16 (Rimax) - 1999



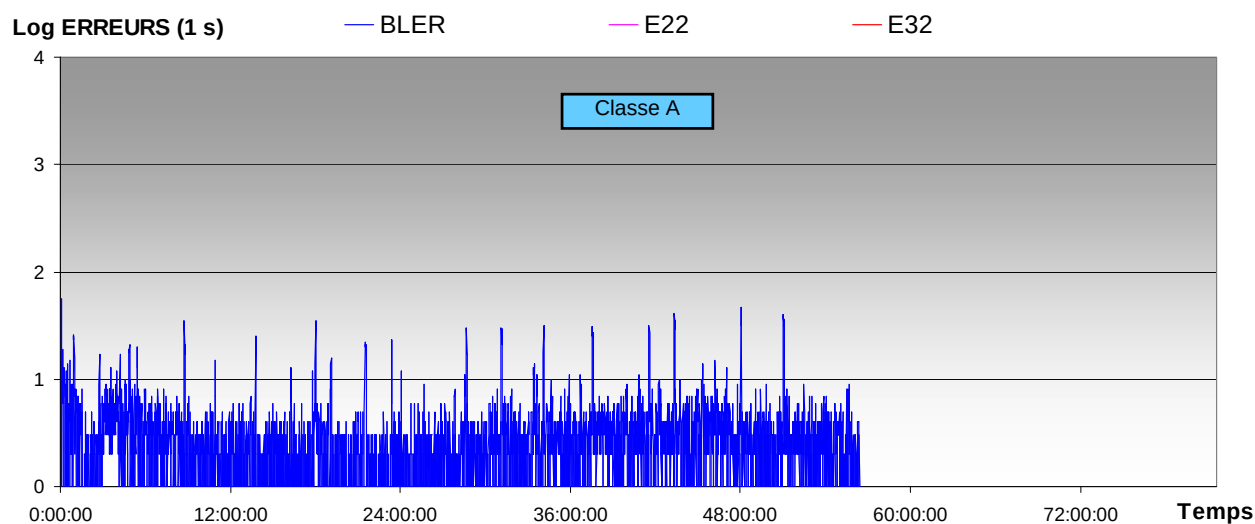
## Disque N° 19 – Réf. 16 (Rimax) - 1999



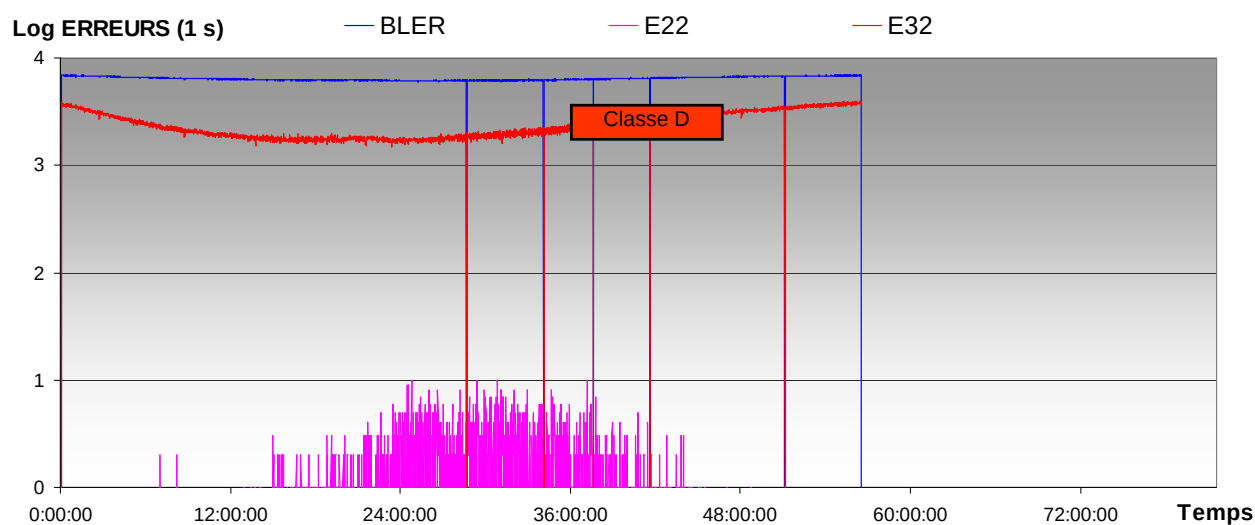
## Disque N° 20 – Réf. 32 (Verbatim) - 1999



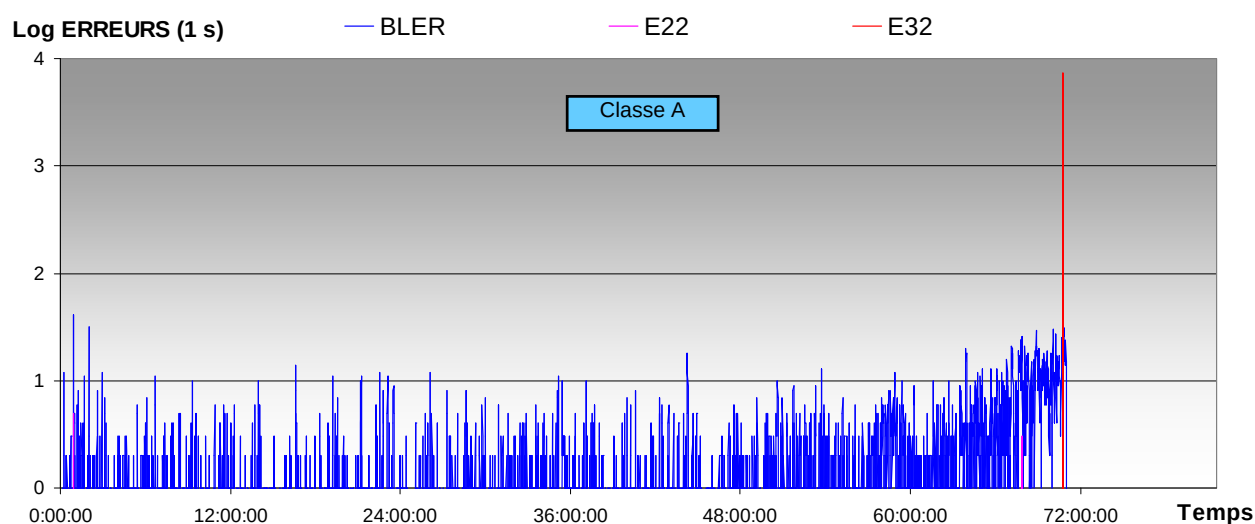
## Disque N° 21 – Réf. 22 (Mitsui) - 1999



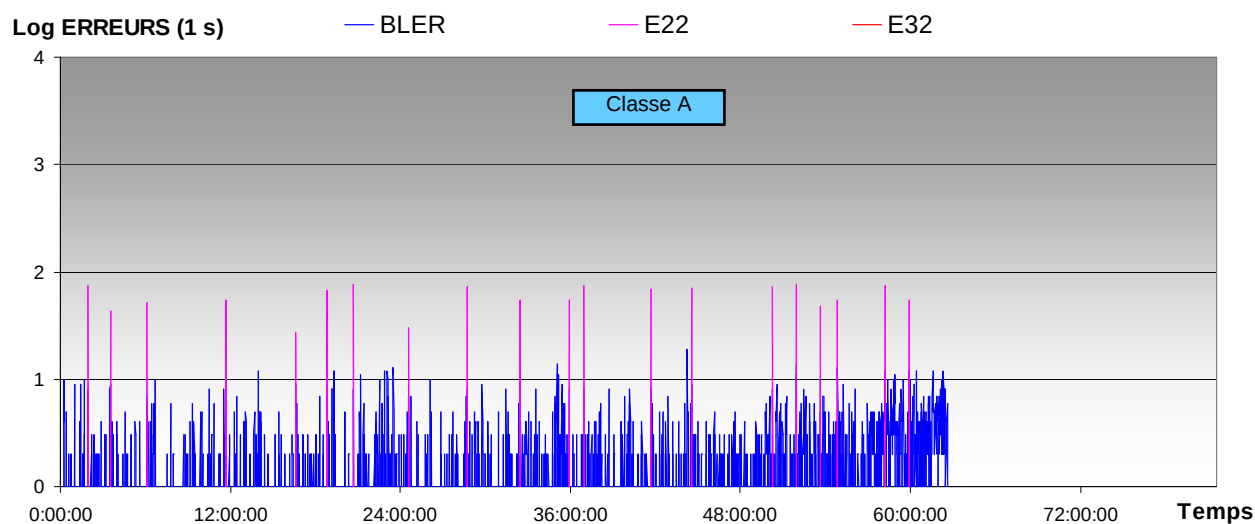
## Disque N° 22 – 22 (Mitsui) - 1999



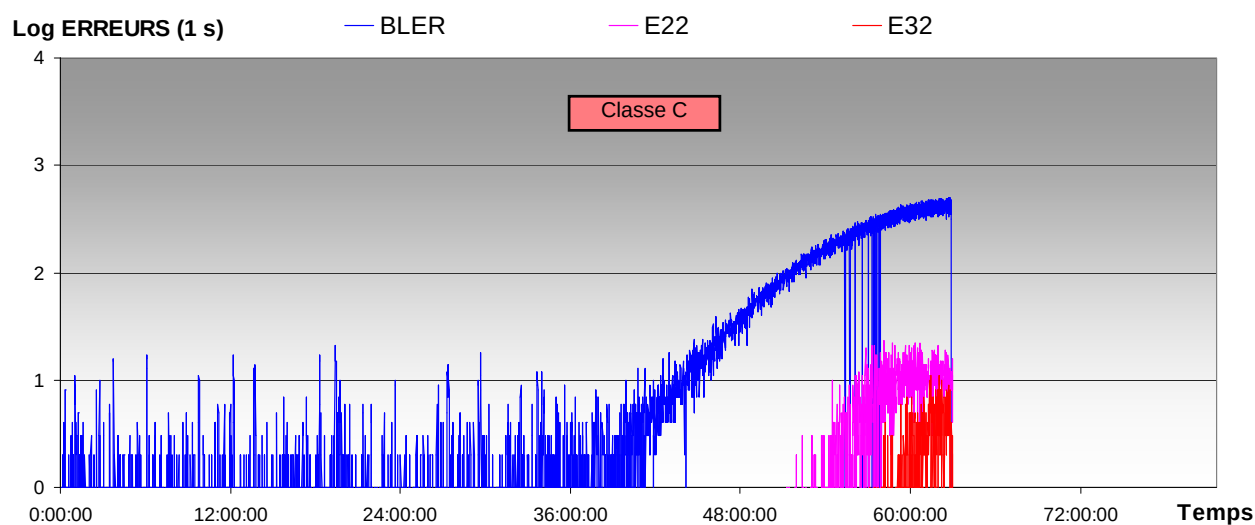
## Disque N° 23 – Réf. 32 (Verbatim) - 1999



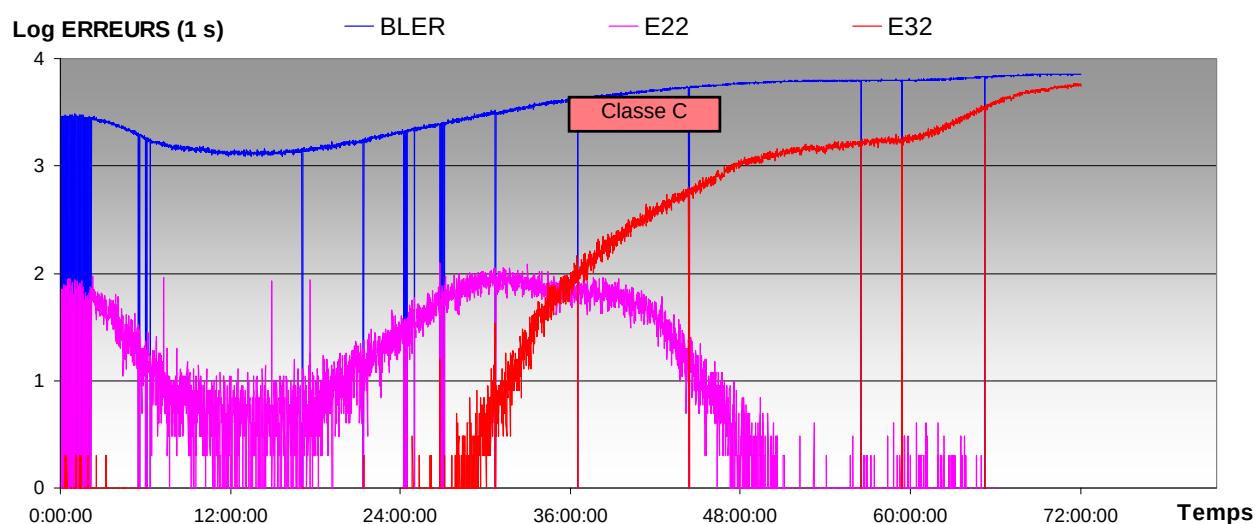
## Disque N° 24 – Réf. 32 (Verbatim) - 1999



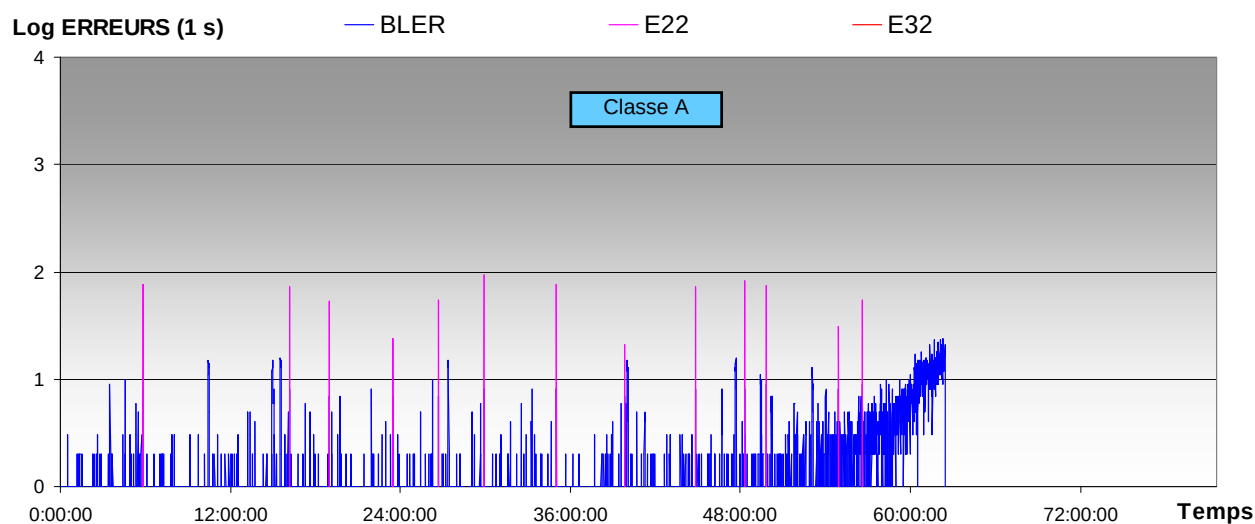
## Disque N° 25 – Réf. 32 (Verbatim) - 1999



## Disque N° 26 – Réf. 26 (FNAC) - 1995

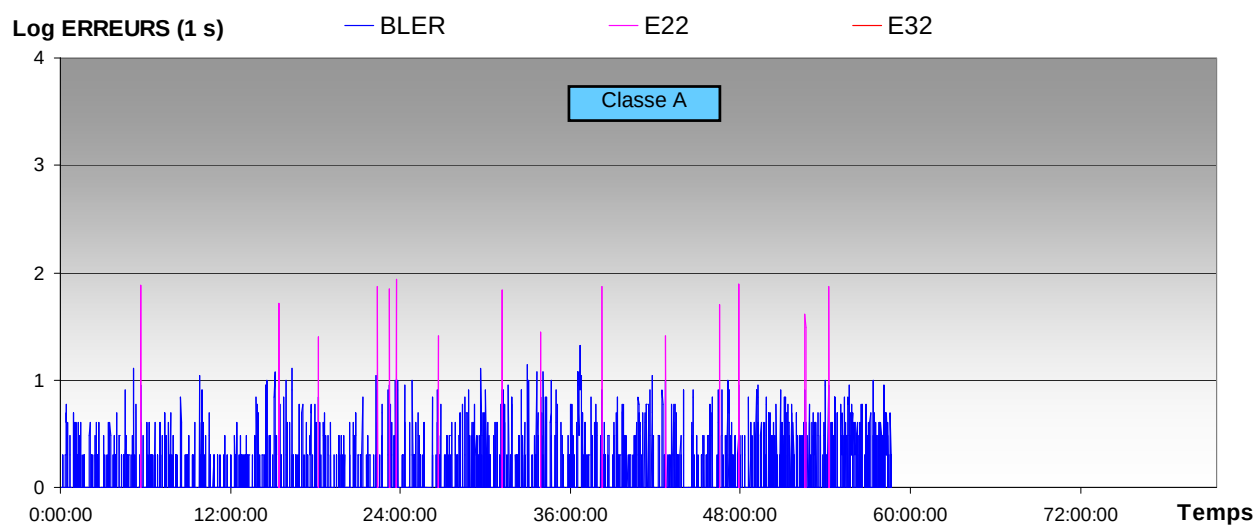


## Disque N° 27 – Réf. 32 (Verbatim) - 2000

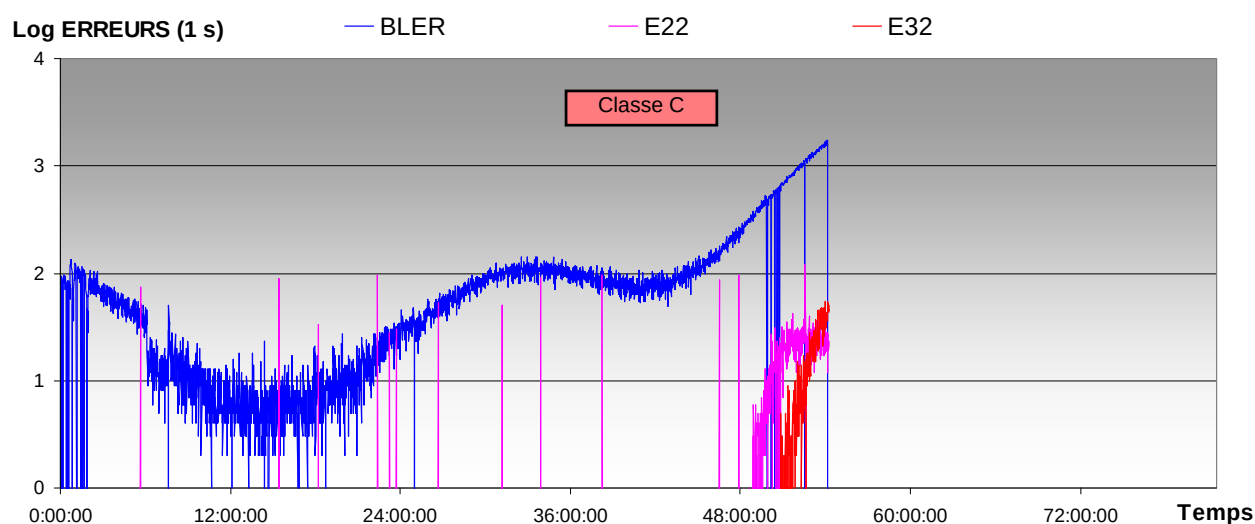




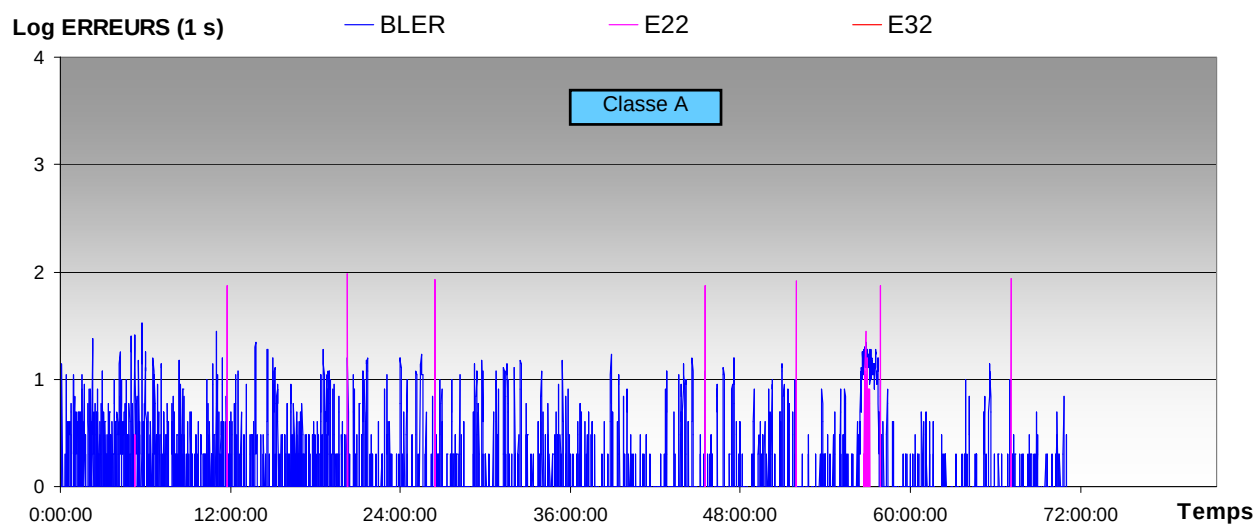
## Disque N° 28 – Réf. 10 (Maxell) - 2000



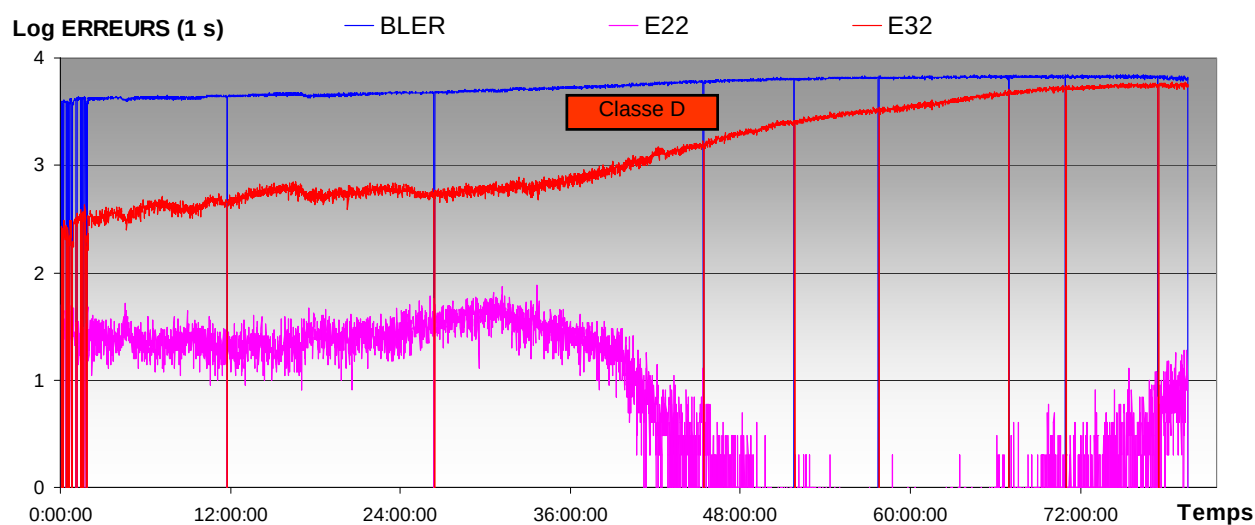
## Disque N° 29 – Réf. 13 ( ? ) - 2000



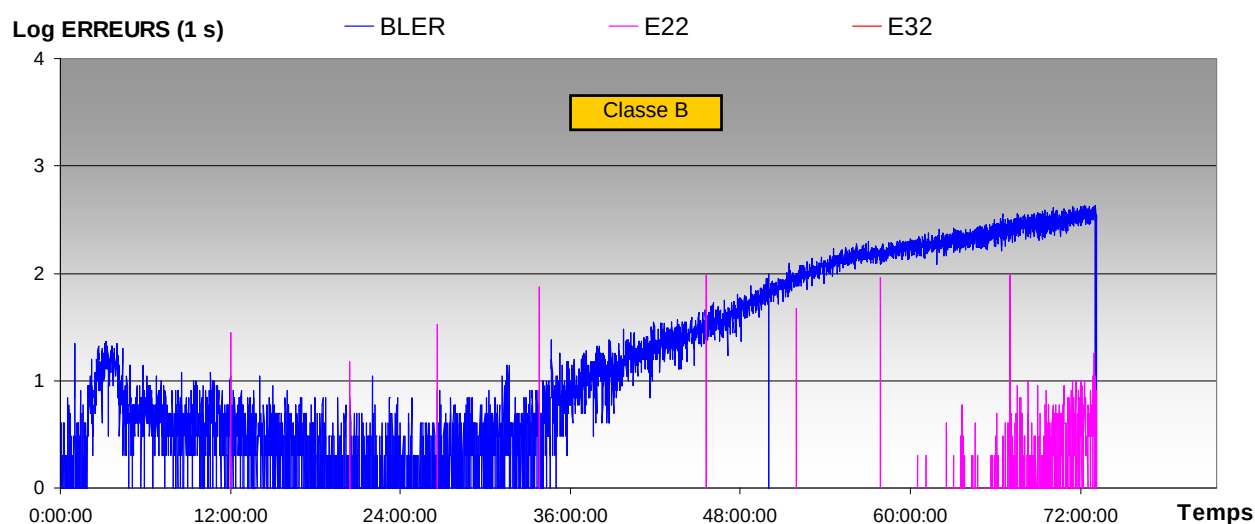
## Disque N° 30 – Réf. 33 (Verbatim) - 2000



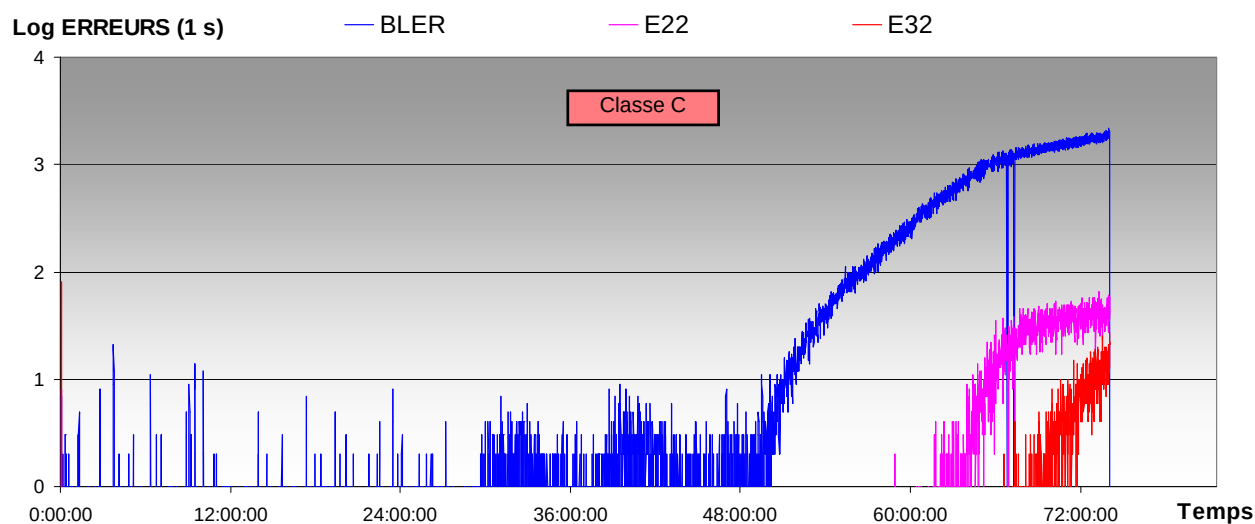
## Disque N° 31 – Réf. 16 (Rimax) - 2000



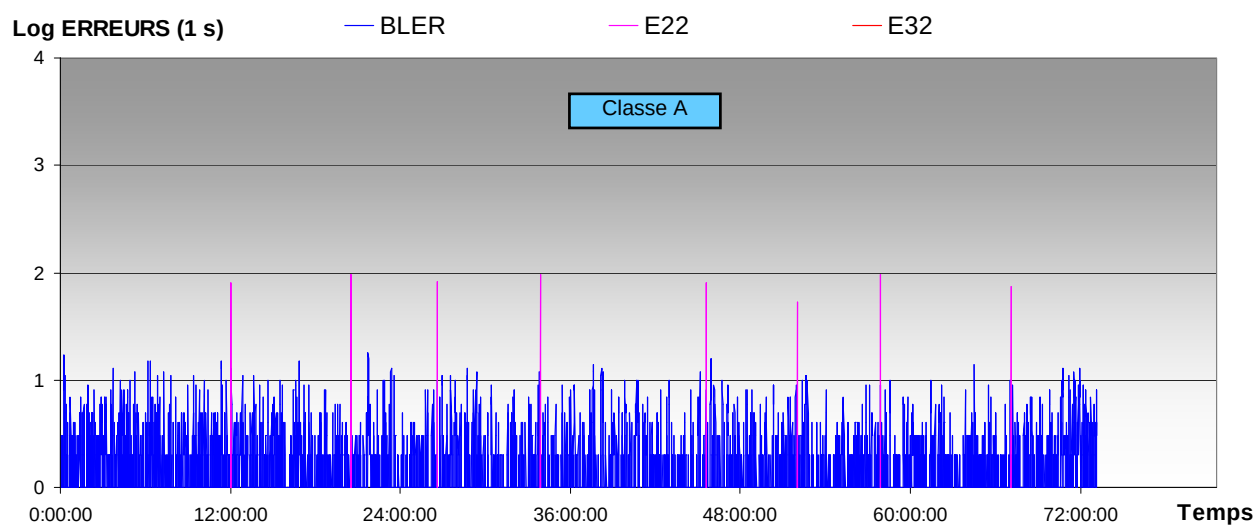
## Disque N° 32 – Réf. 27 (Traxdata) - 2000



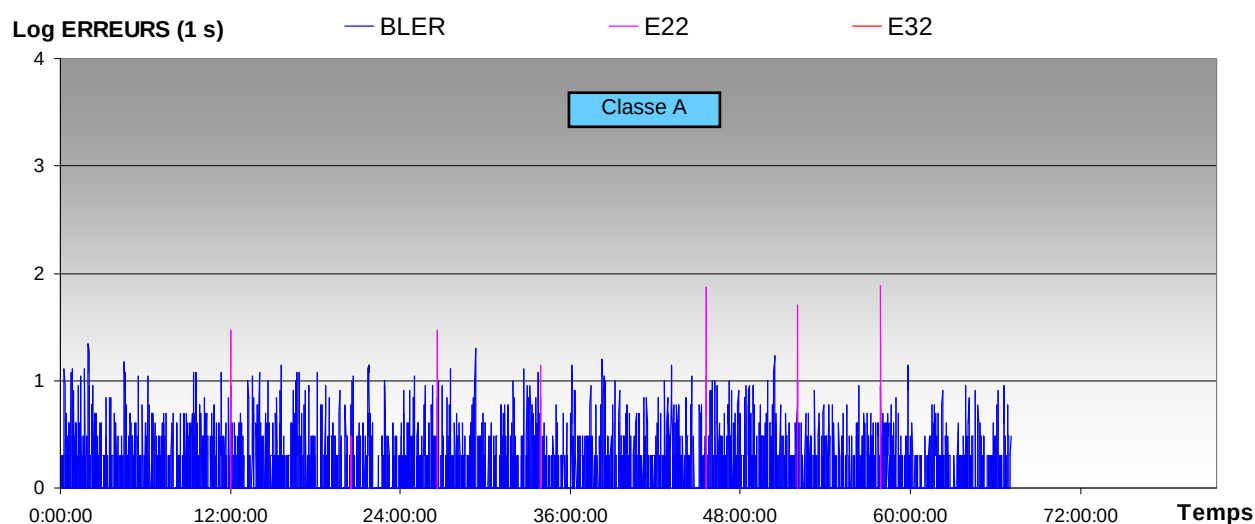
## Disque N° 33 – Réf. 24 (Mitsui) - 2000



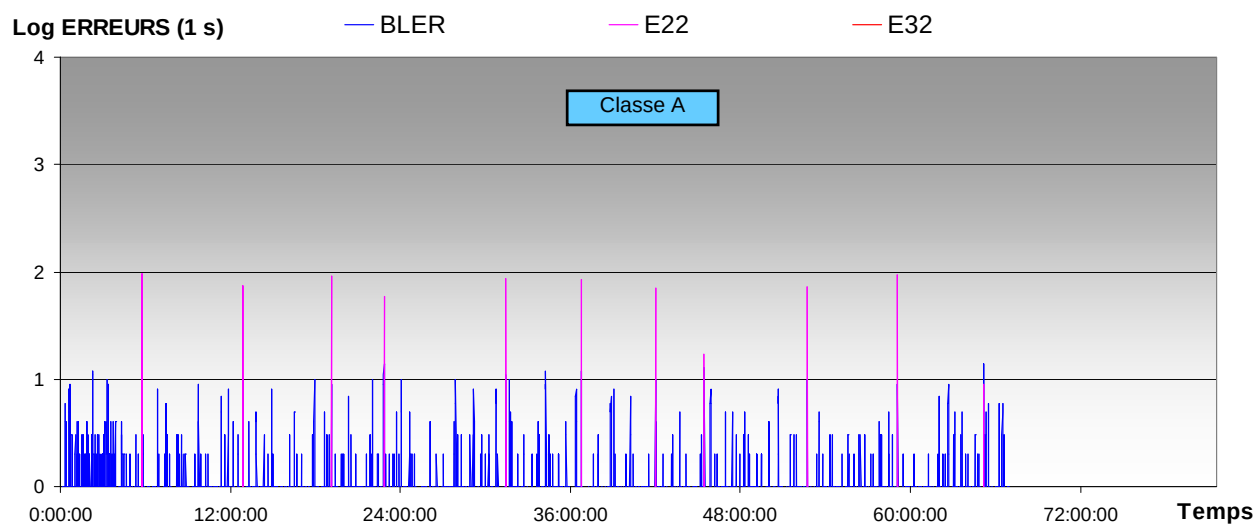
## Disque N° 34 – Réf. 32 (Verbatim) - 2000



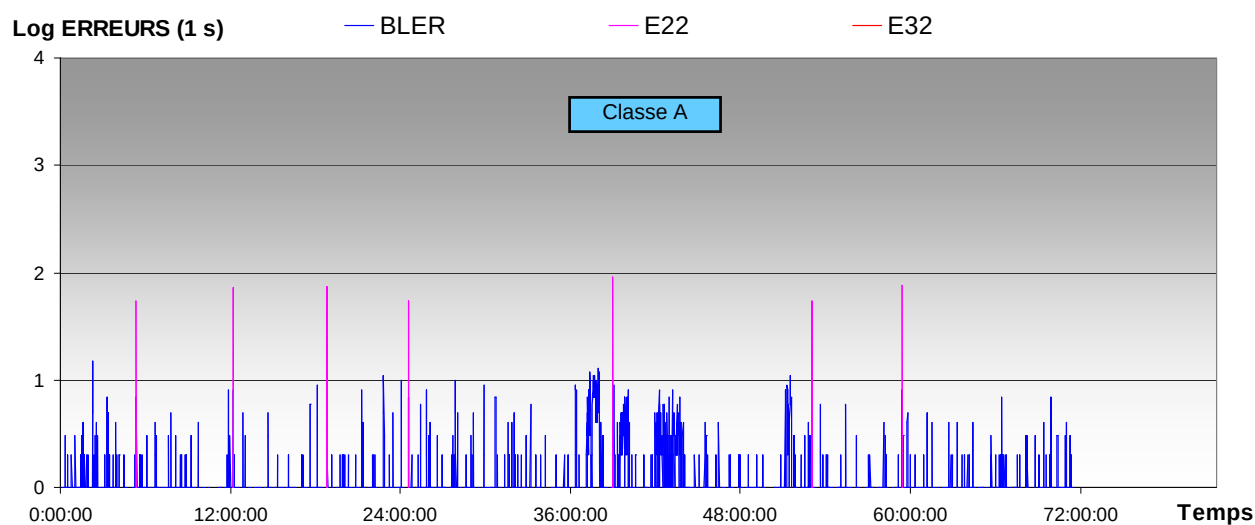
## Disque N° 35 – Réf. 32 (Verbatim) - 2000



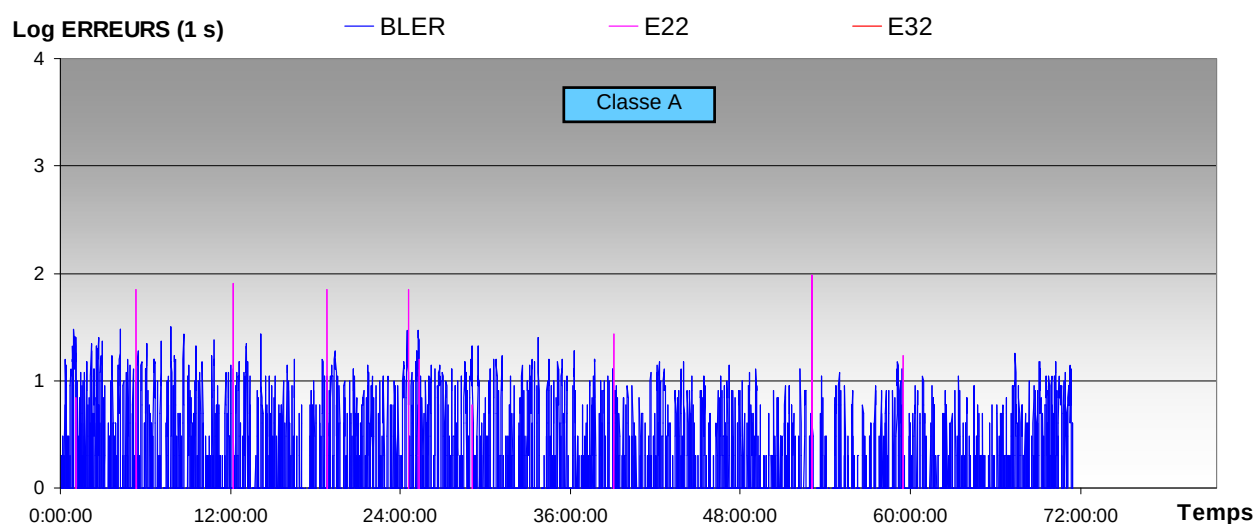
## Disque N° 36 – Réf. 33 (Verbatim) - 2000



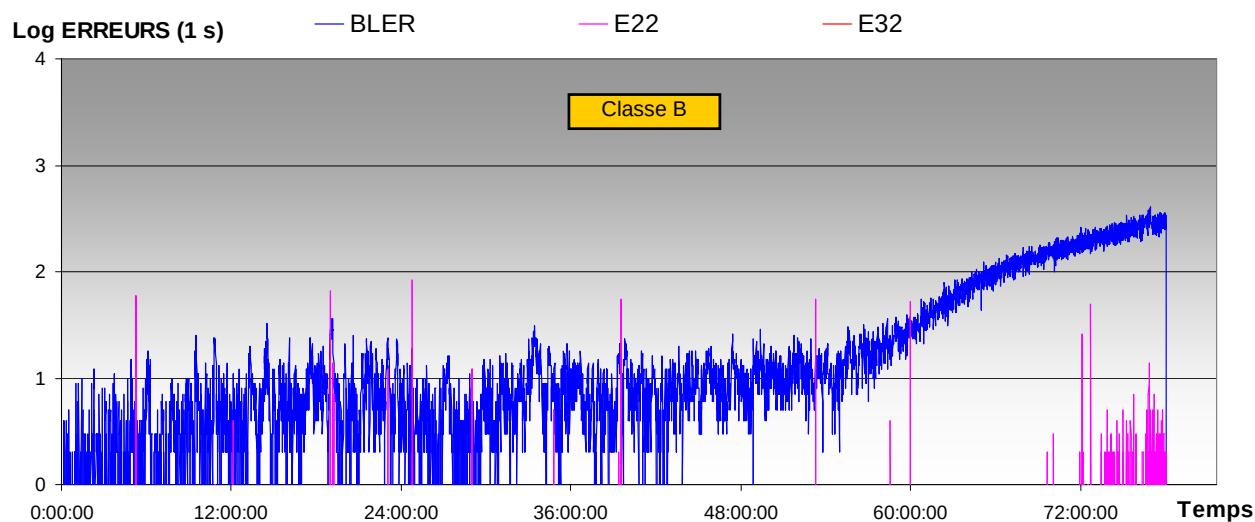
## Disque N° 37 – Réf. 33 (Verbatim) - 2000



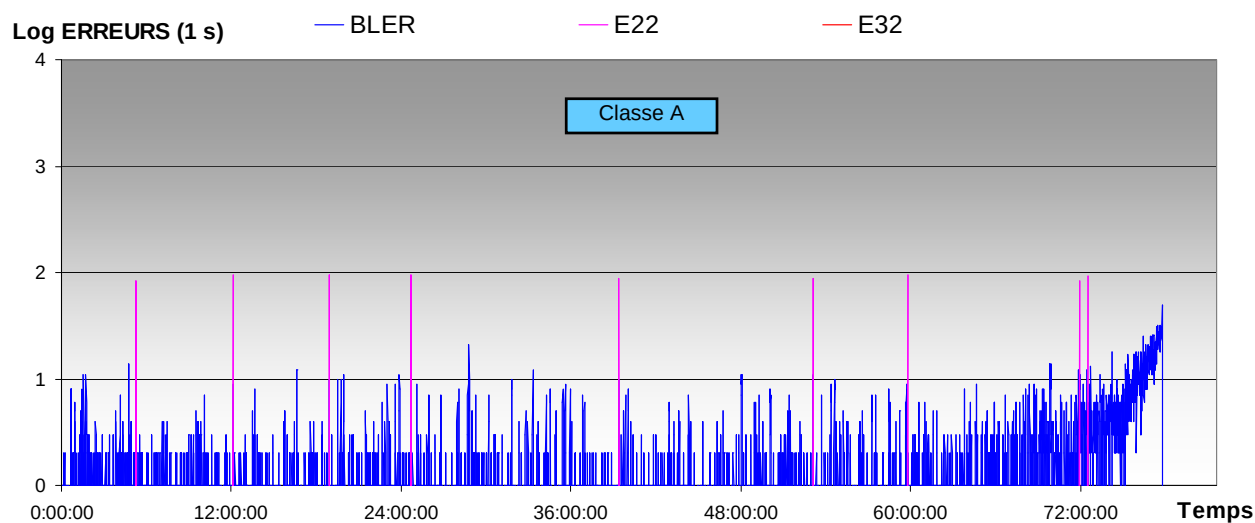
## Disque N° 38 – Réf. 33 (Verbatim) - 2000



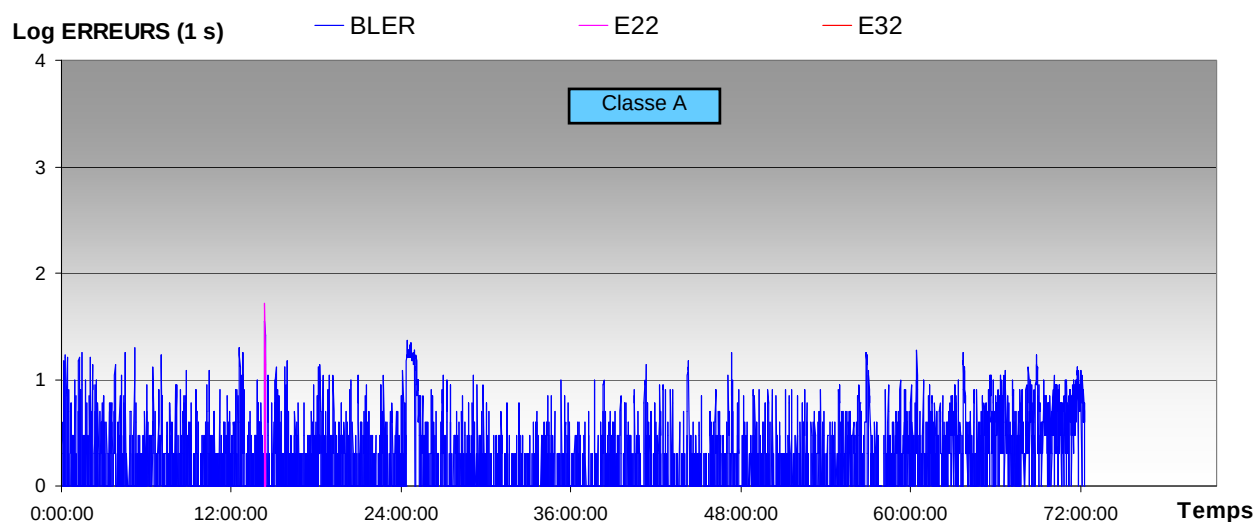
## Disque N° 39 – Réf. 12 (AMS) - 2000



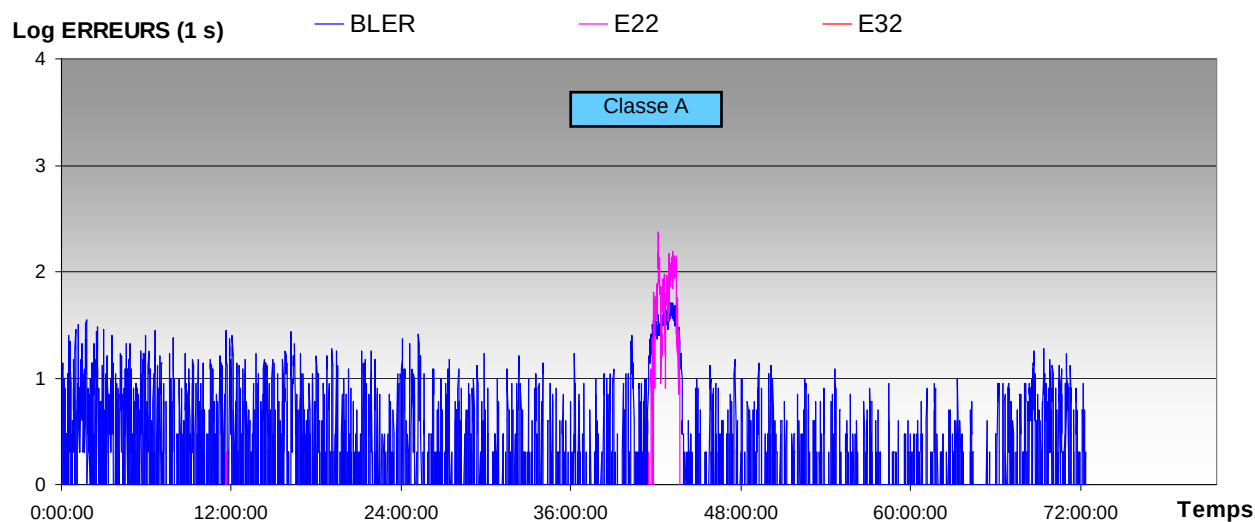
## Disque N° 40 – Réf. 33 (Verbatim) - 2000



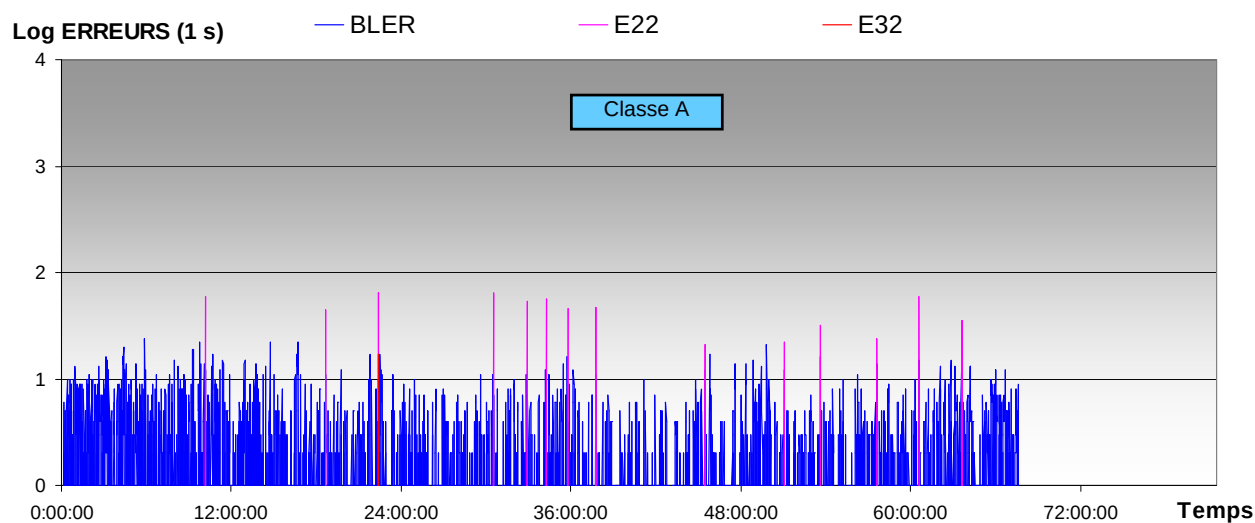
## Disque N° 41 – Réf. 20 (Kodak) - 2001



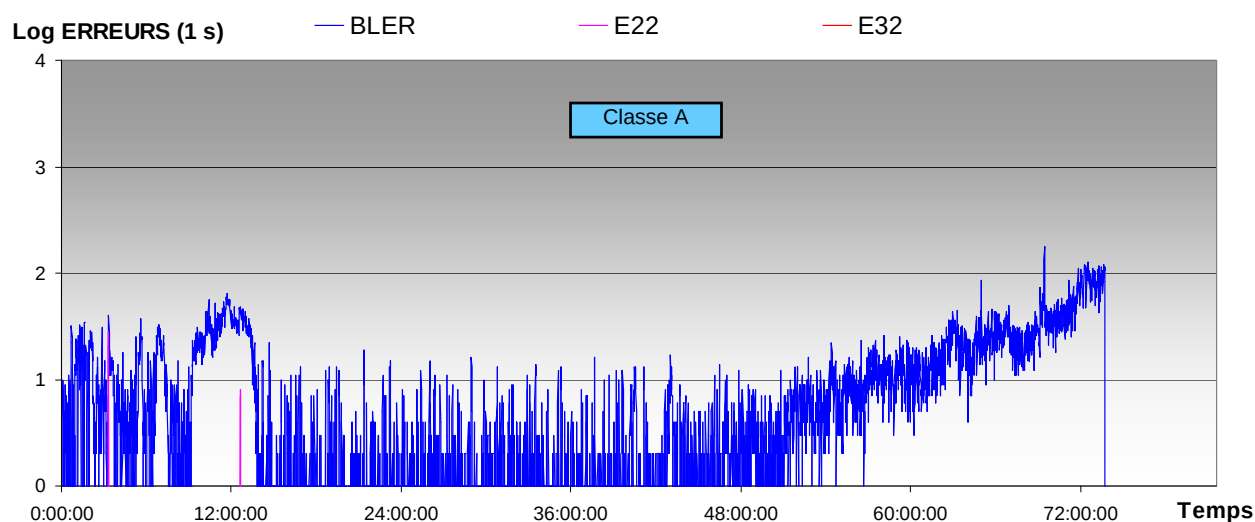
## Disque N° 42 – Réf. 33 (Verbatim) - 2001



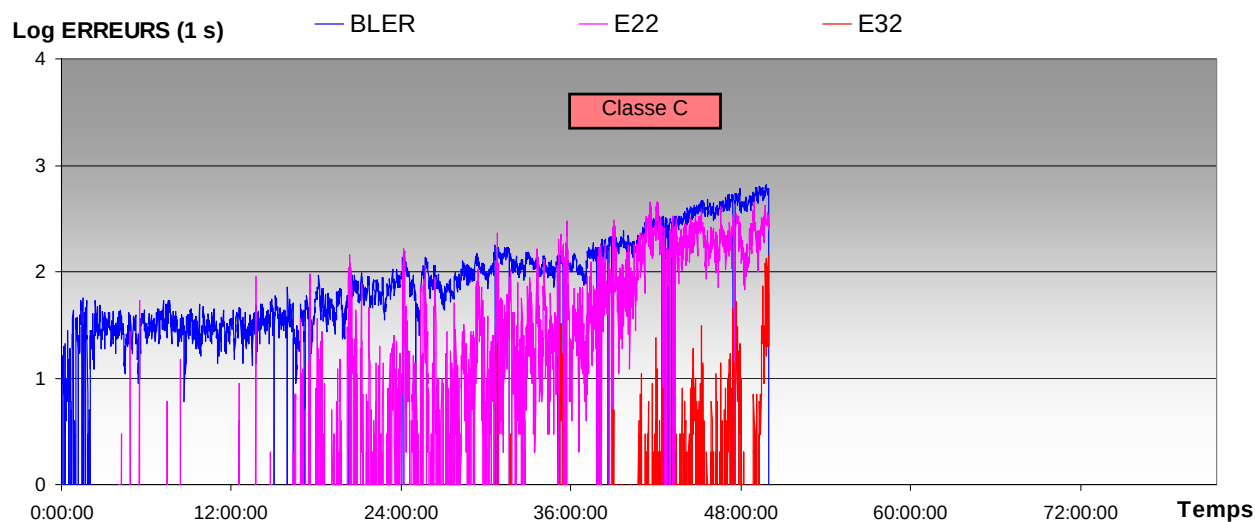
## Disque N° 43 – Réf. 17 (Memorex) - 2001



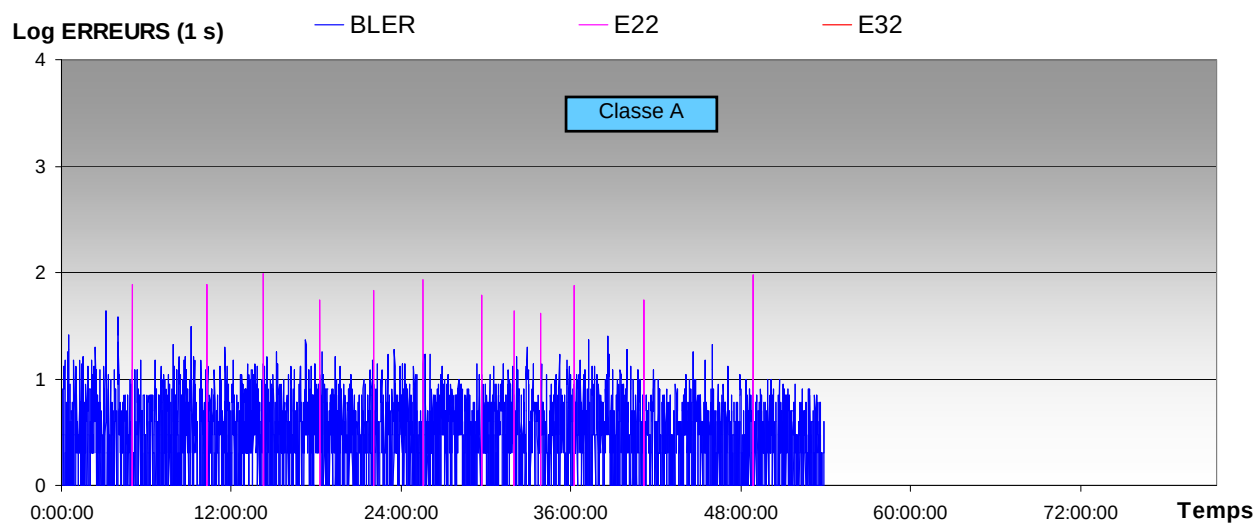
## Disque N° 44 – Réf. 19 (Pioneer) - 2001



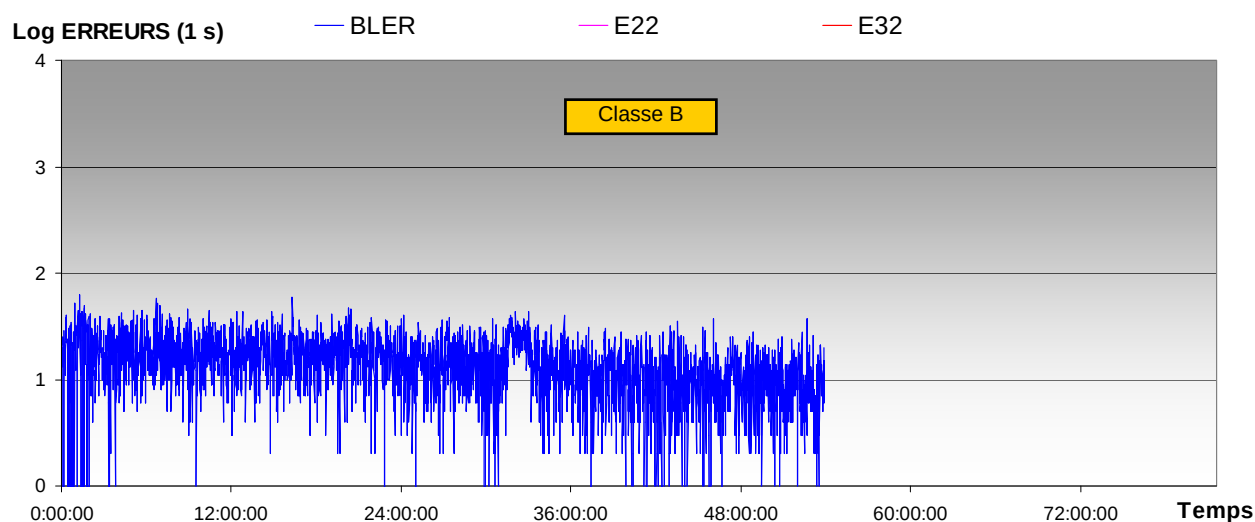
## Disque N° 45 – Réf. 12 (AMS) - 2001



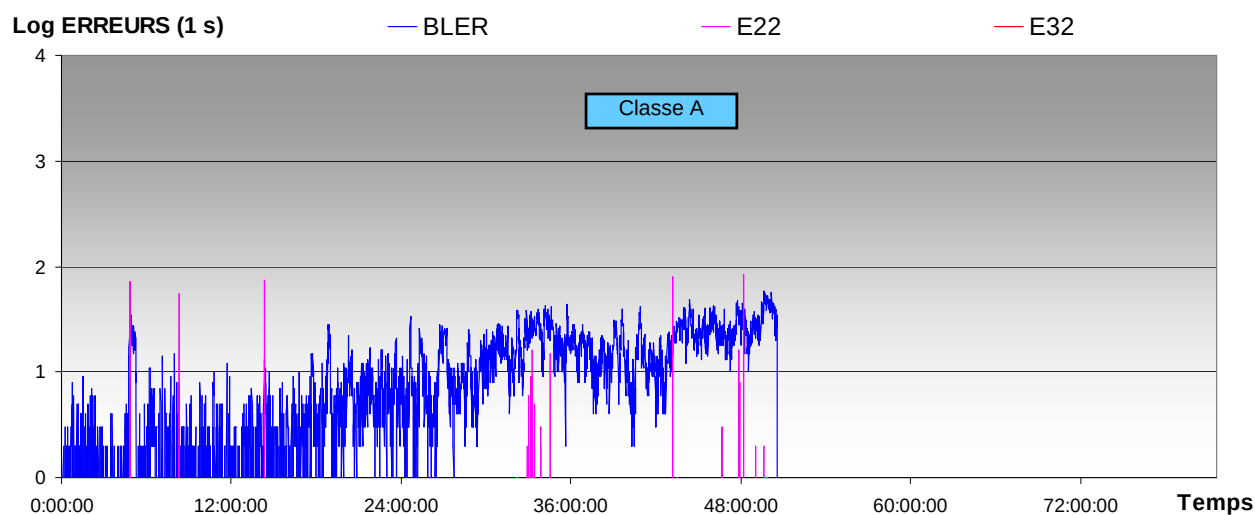
## Disque N° 46 – Réf. 20 (Kodak) - 2001



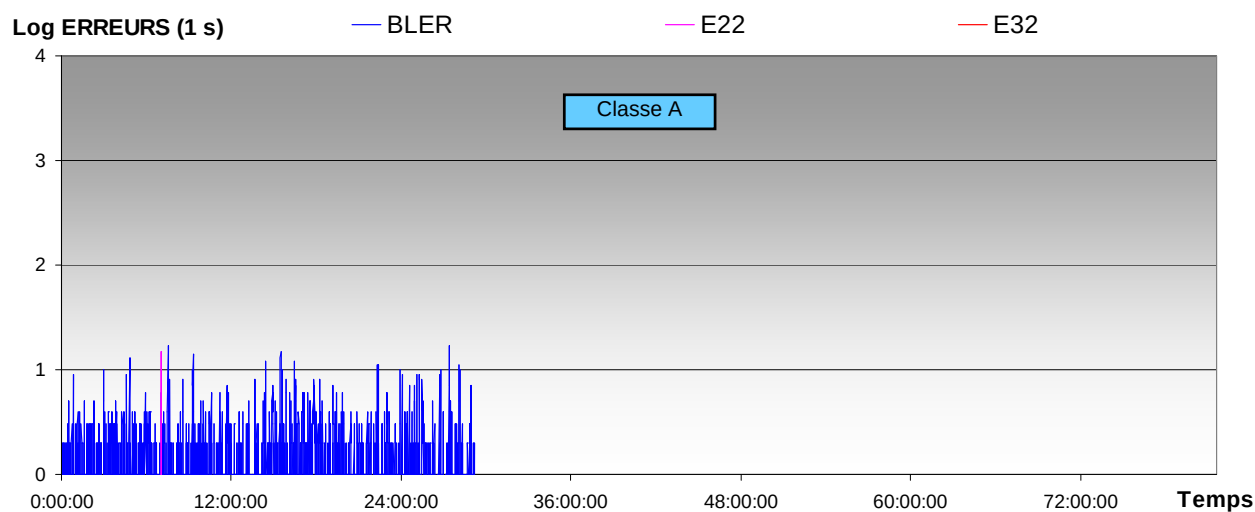
## Disque N° 47 – Réf. 20 (Kodak) - 2001



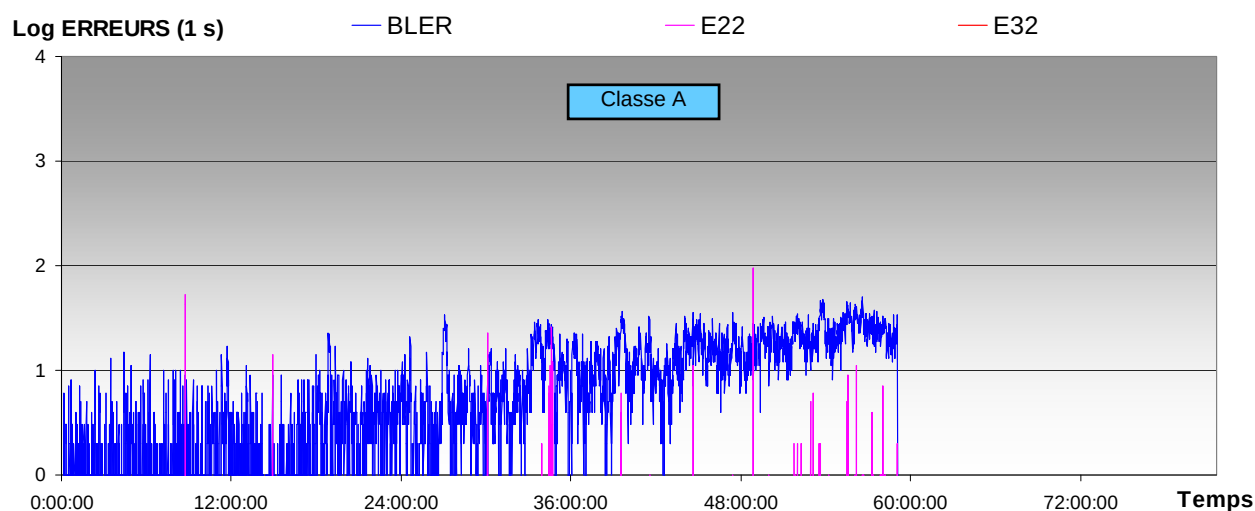
## Disque N° 48 – Réf. 12 (AMS) - 2001



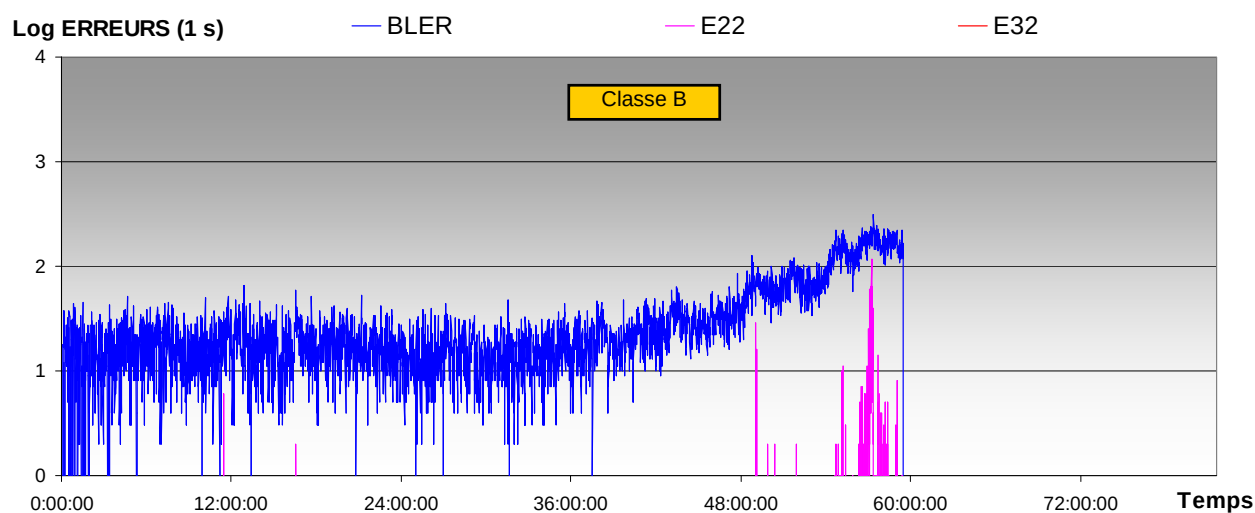
## Disque N° 49 – Réf. 1 (TDK) - 2001



## Disque N° 50 – Réf. 12 (AMS) - 2001

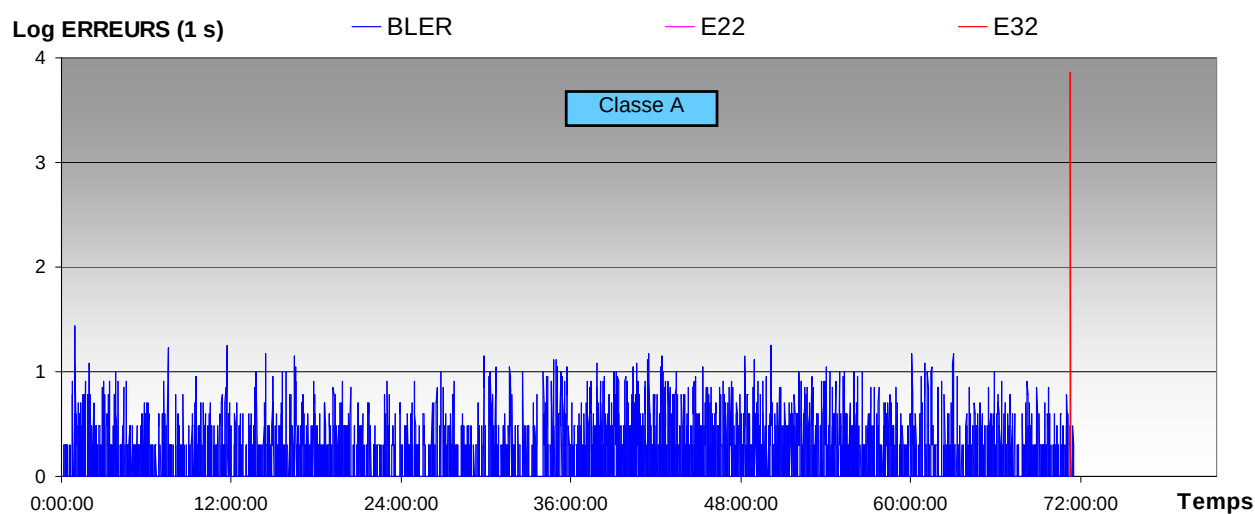


## Disque N° 51 – Réf. 20 (Kodak) - 2001

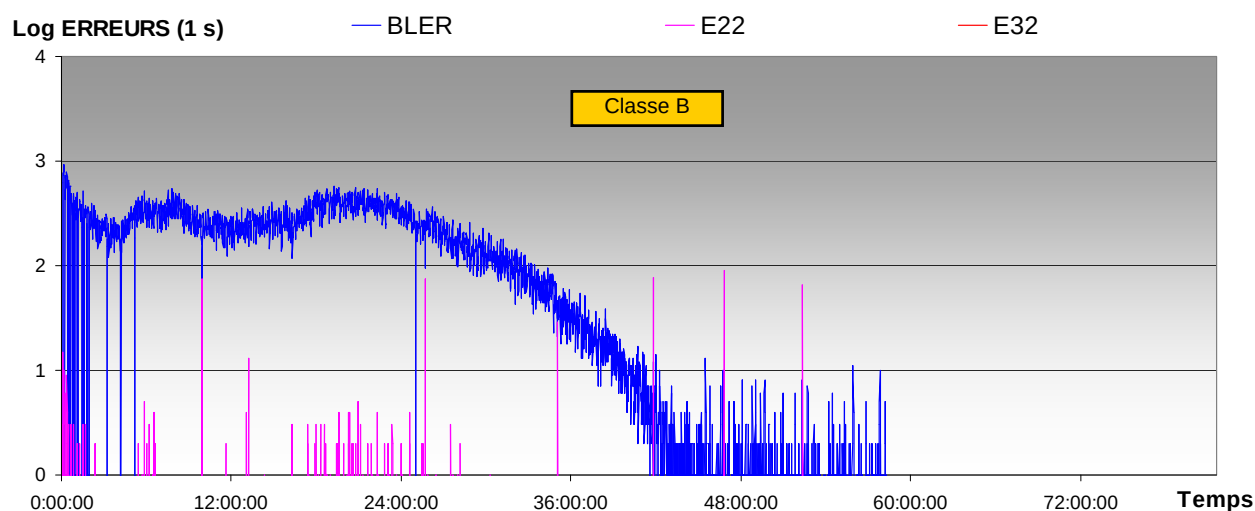




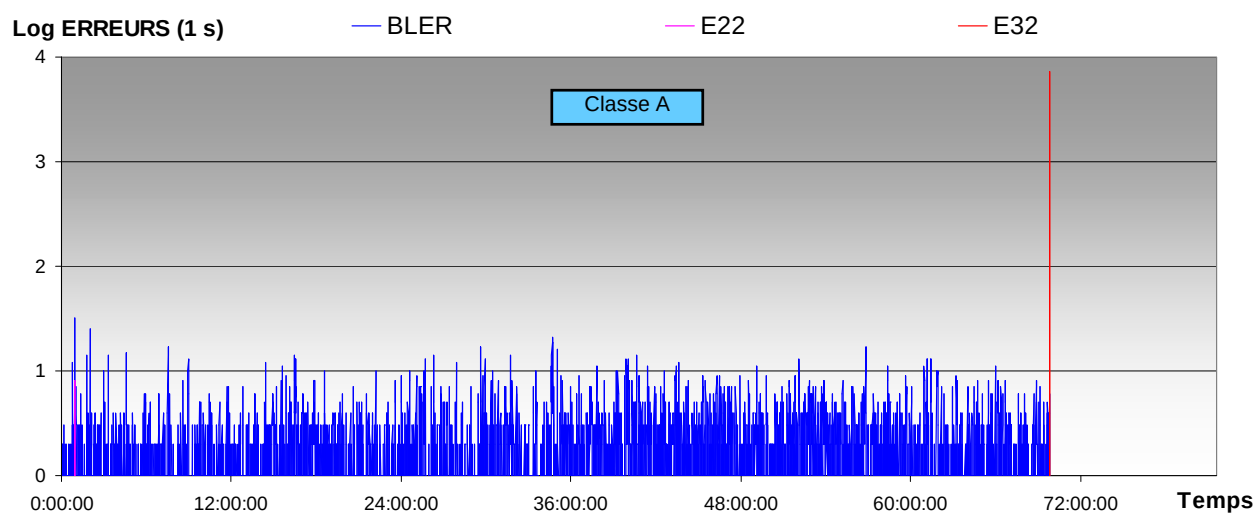
## Disque N° 52 – Réf. 1 (TDK) - 2002



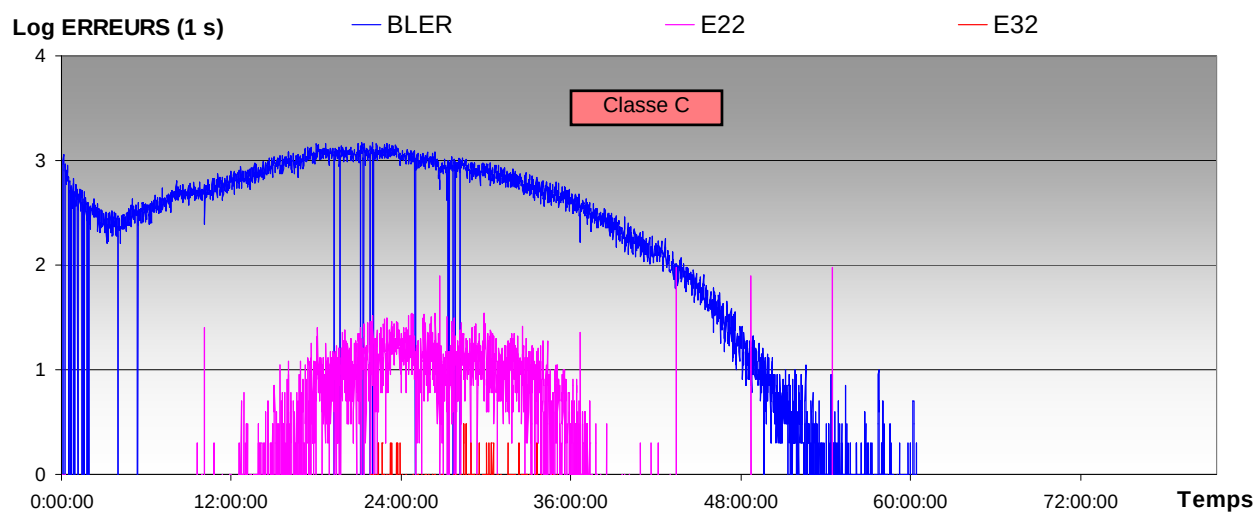
## Disque N° 53 – Réf. 8 (Hi Space) - 2002



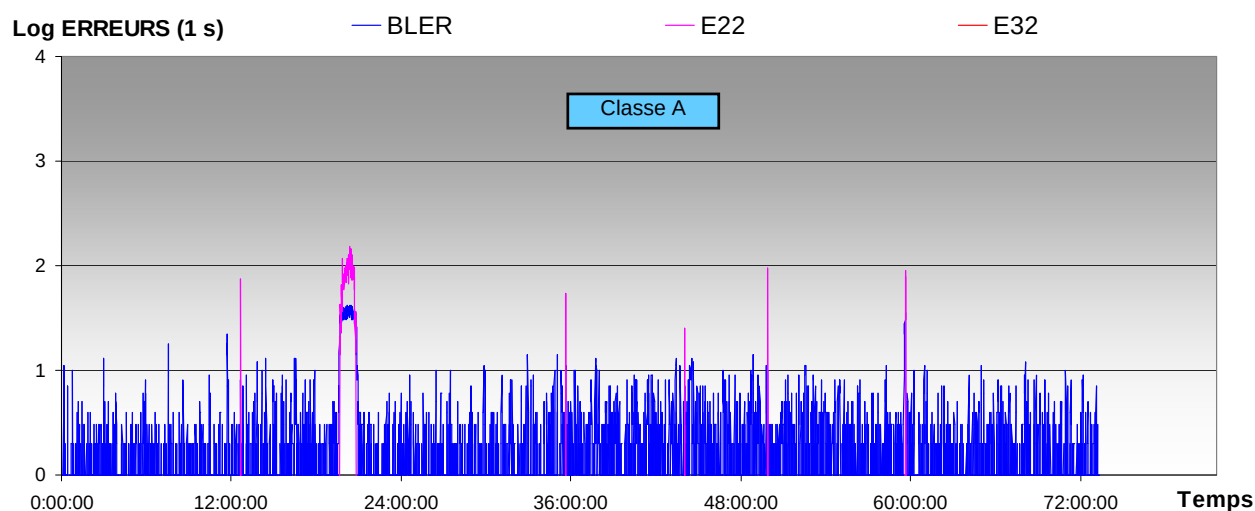
## Disque N° 54 – Réf. 1 (TDK) - 2002



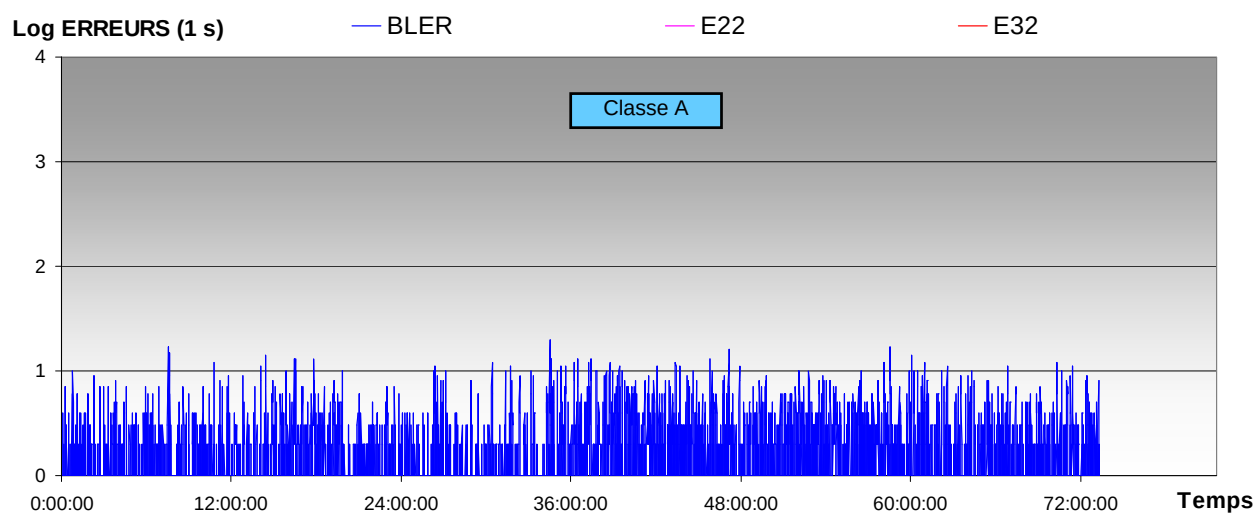
## Disque N° 55 – Réf. 8 (Hi Space) - 2002



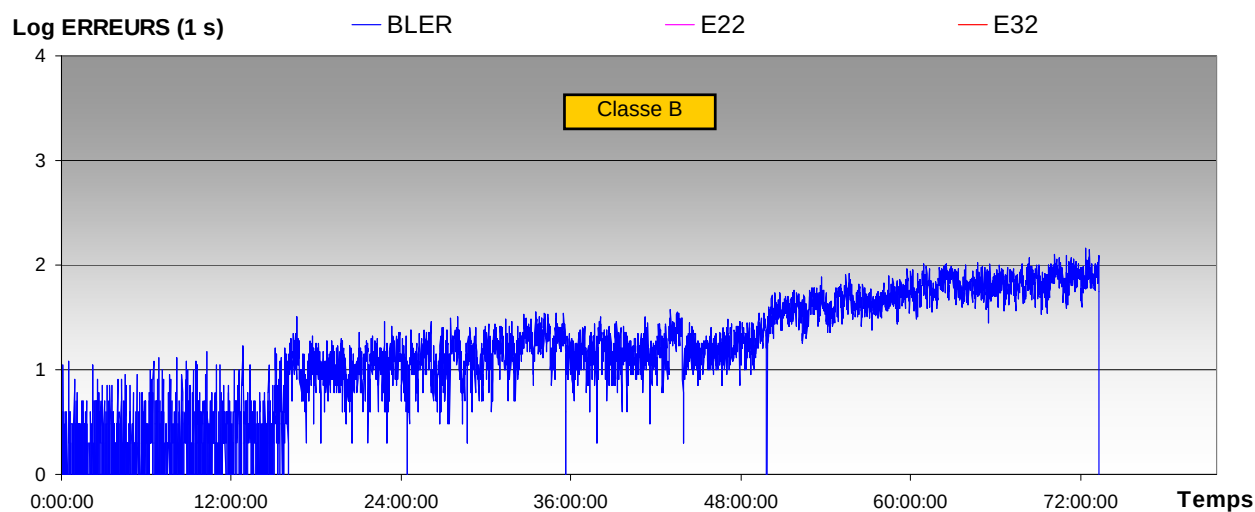
## Disque N° 56 – Réf. 1 (TDK) - 2002



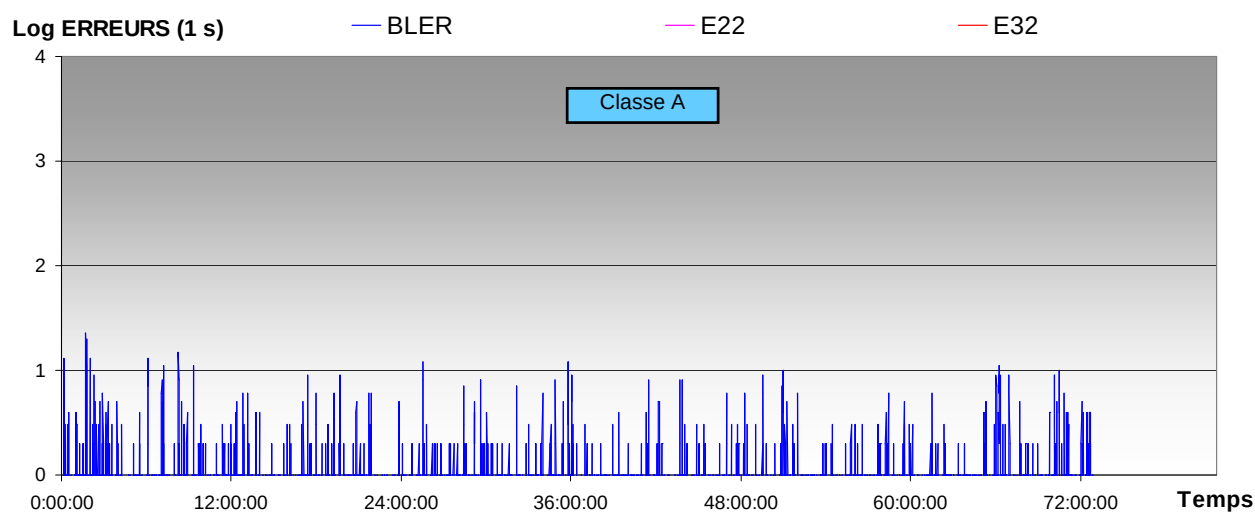
## Disque N° 57 – Réf. 1 (TDK) - 2002



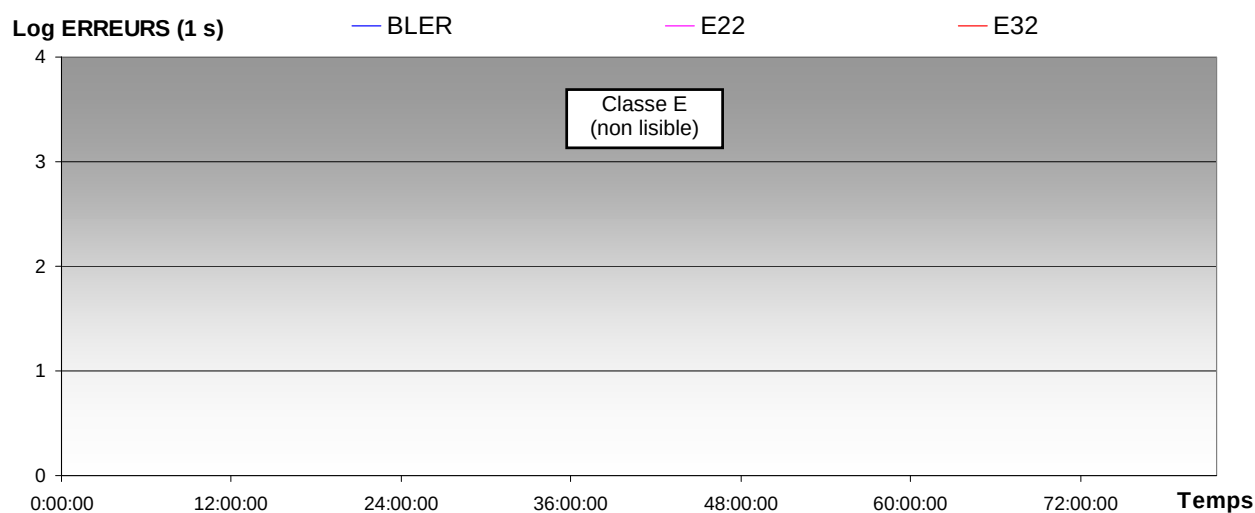
## Disque N° 58 – Réf. 21 (Kodak) - 2002



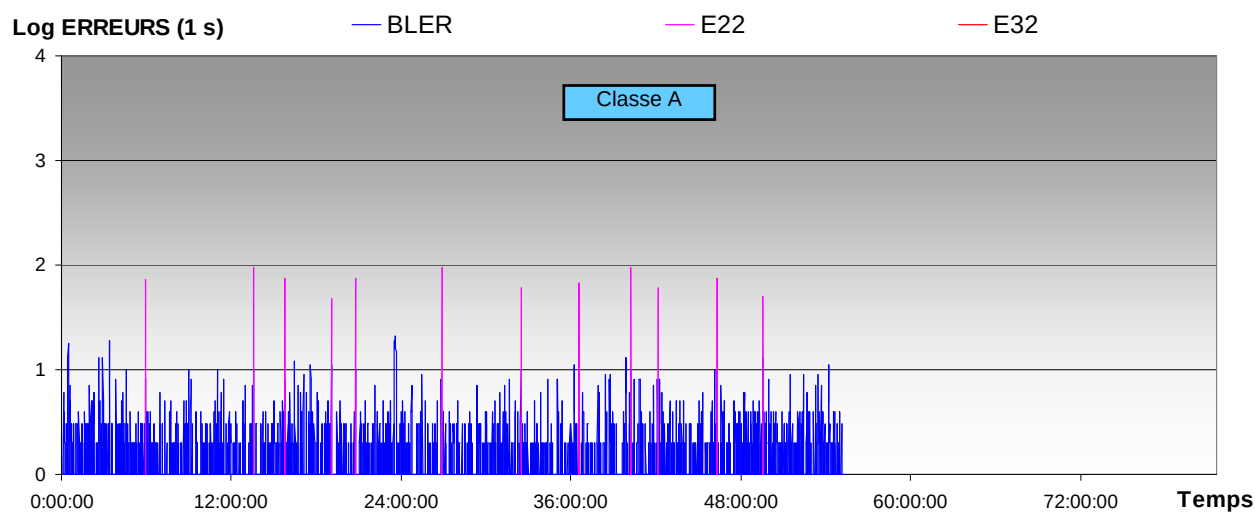
## Disque N° 59 – Réf. 5 (Philips) - 2002



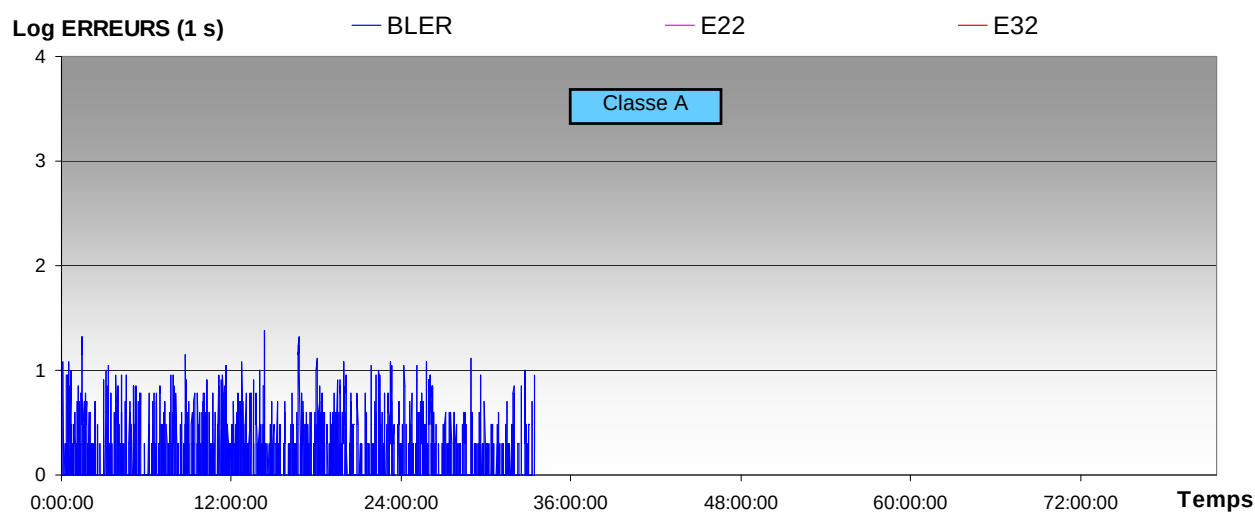
## Disque N° 60 – Réf. 2 (Memorex) - 2002



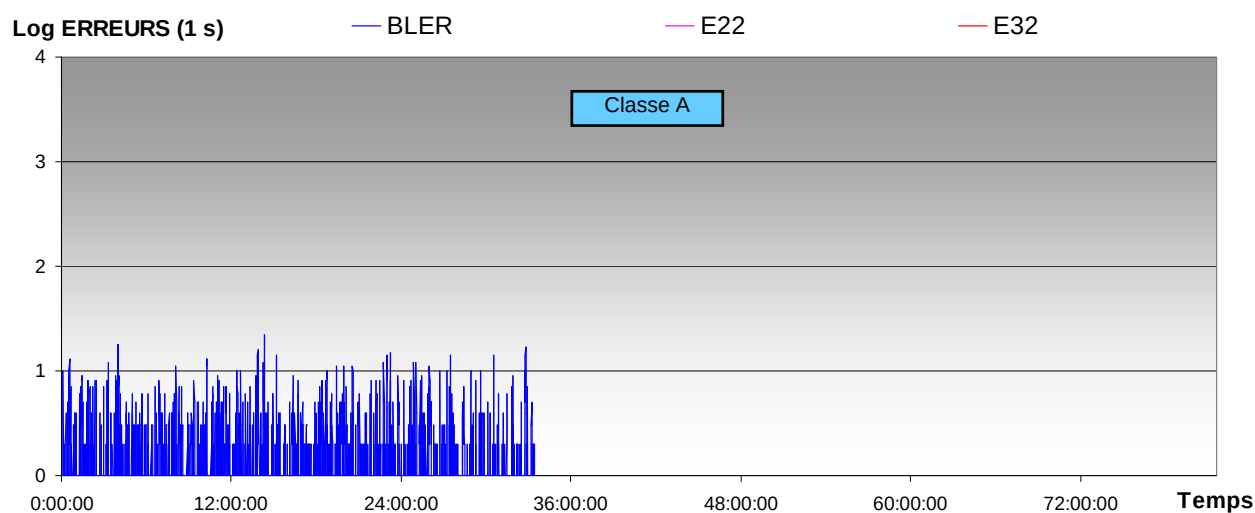
## Disque N° 61 – Réf. 2 (Memorex) - 2002



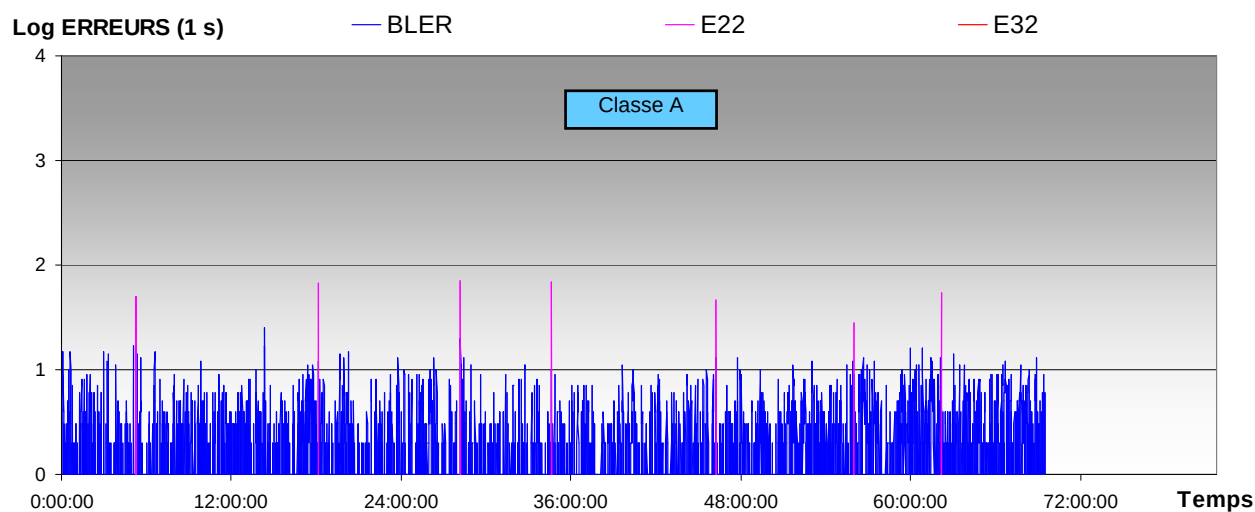
## Disque N° 62 – Réf. 29 (Precision) - 2002



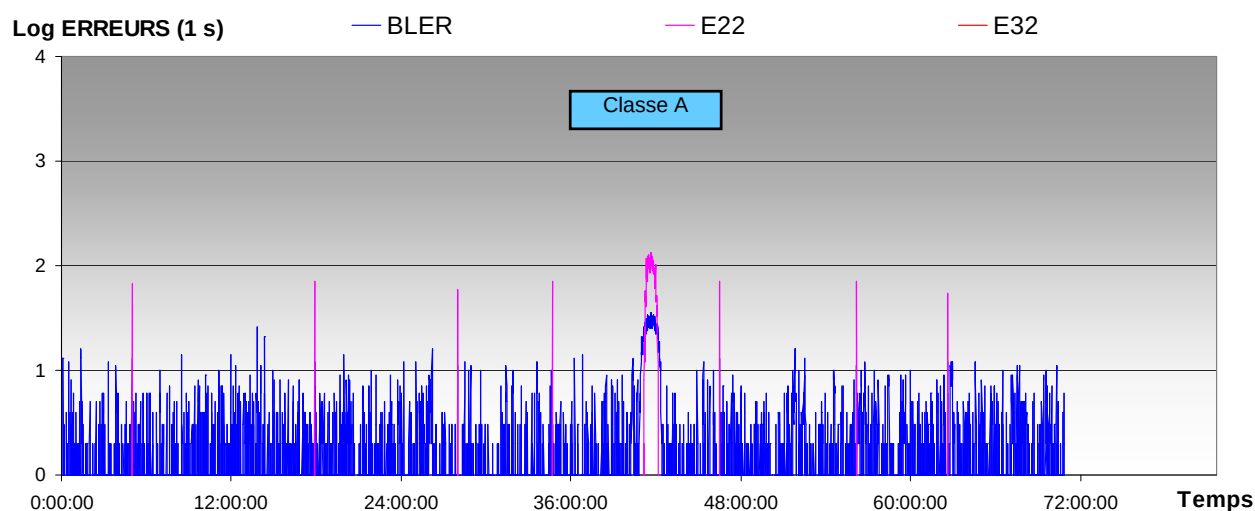
## Disque N° 63 – Réf. 29 (Precision) - 2002



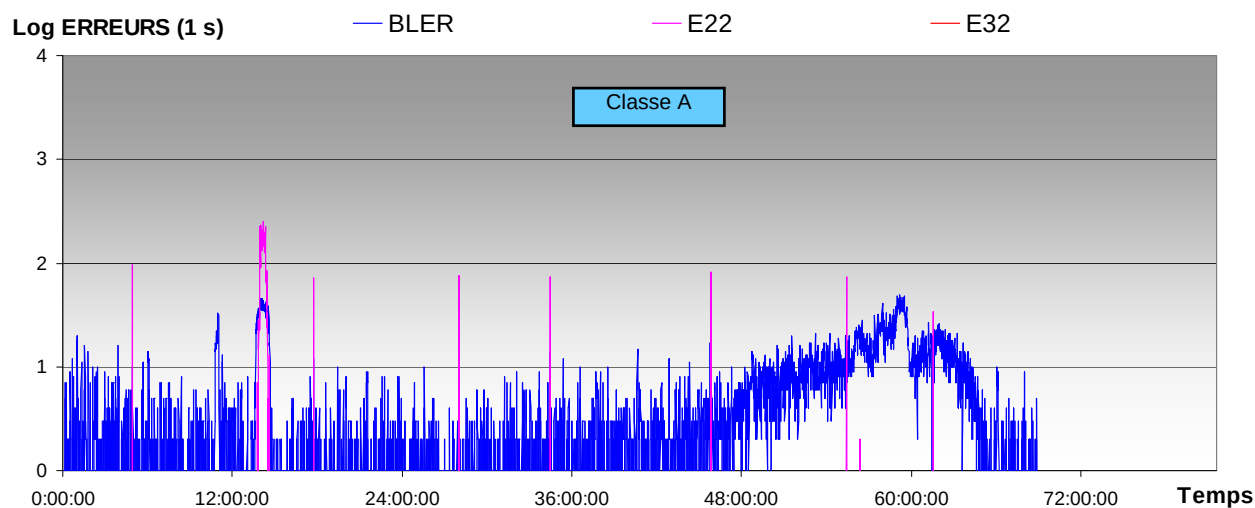
## Disque N° 64 – Réf. 29 (Precision) - 2002



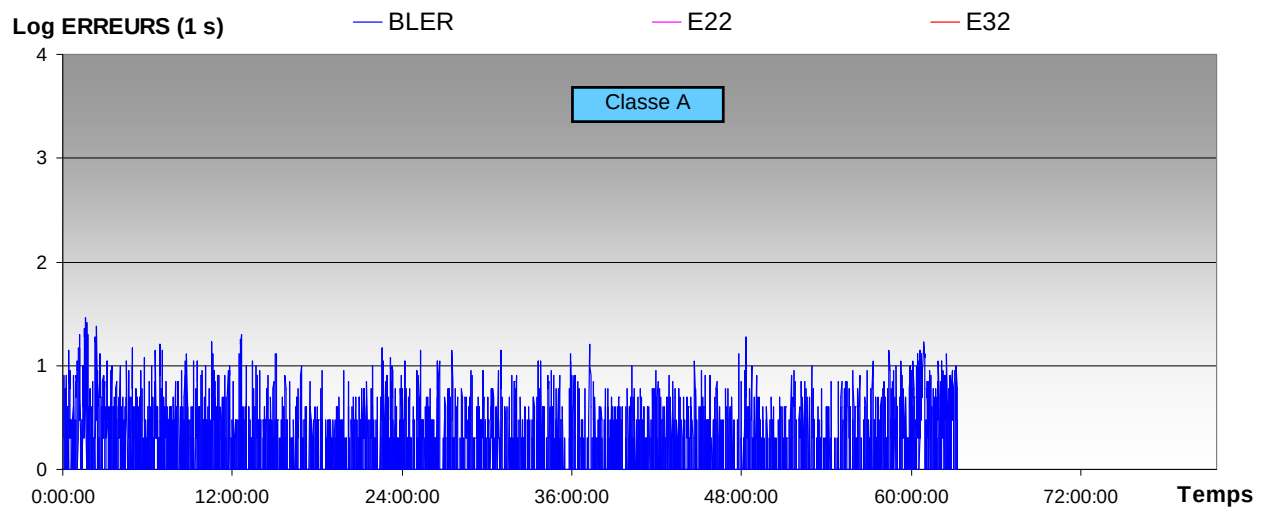
## Disque N° 65 – Réf. 29 (Precision) - 2002



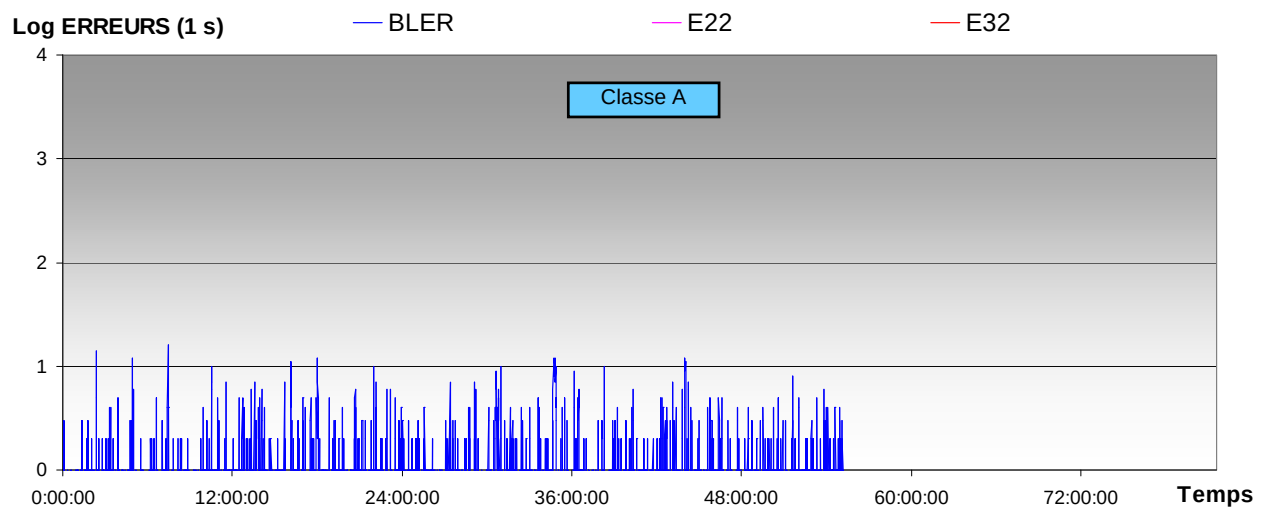
## Disque N° 66 – Réf. 30 (Memorex) - 2002



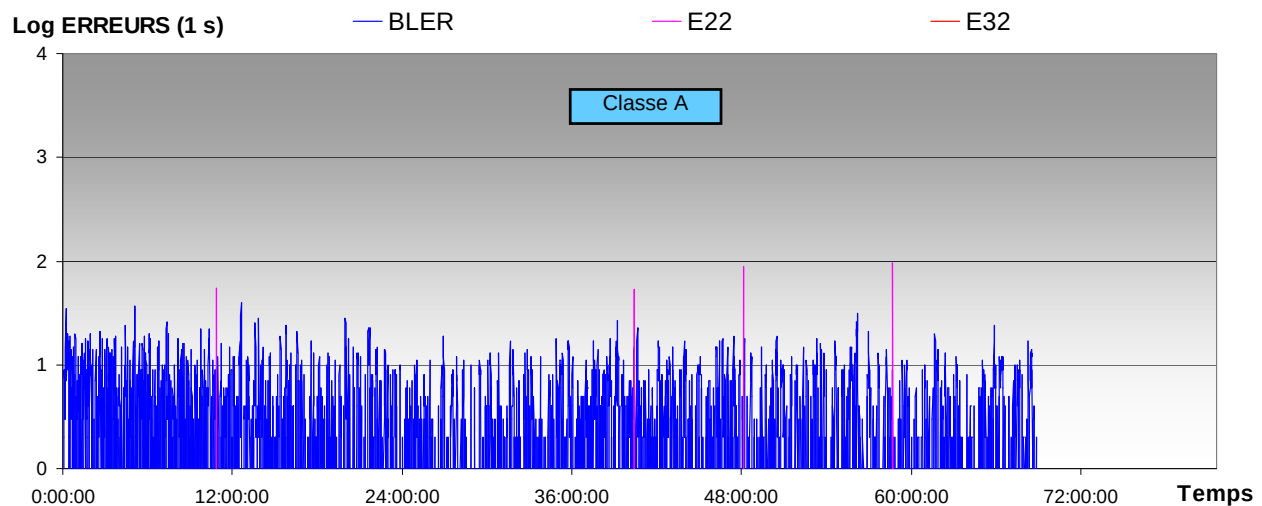
## Disque N° 67 – Réf. 6 (Verbatim) - 2003



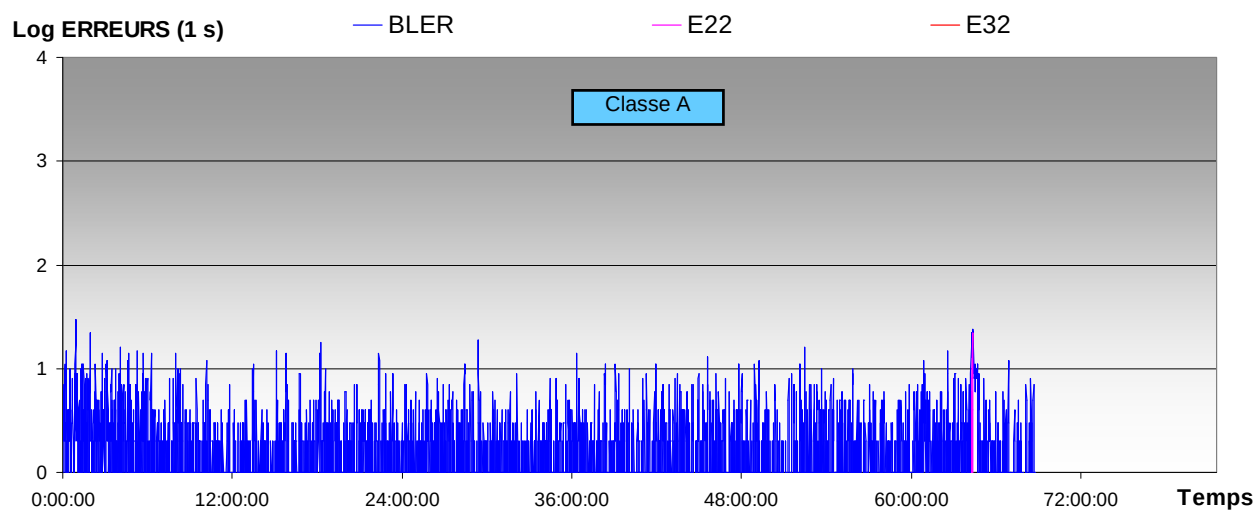
## Disque N° 68 – Réf. 7 ( ? ) - 2003



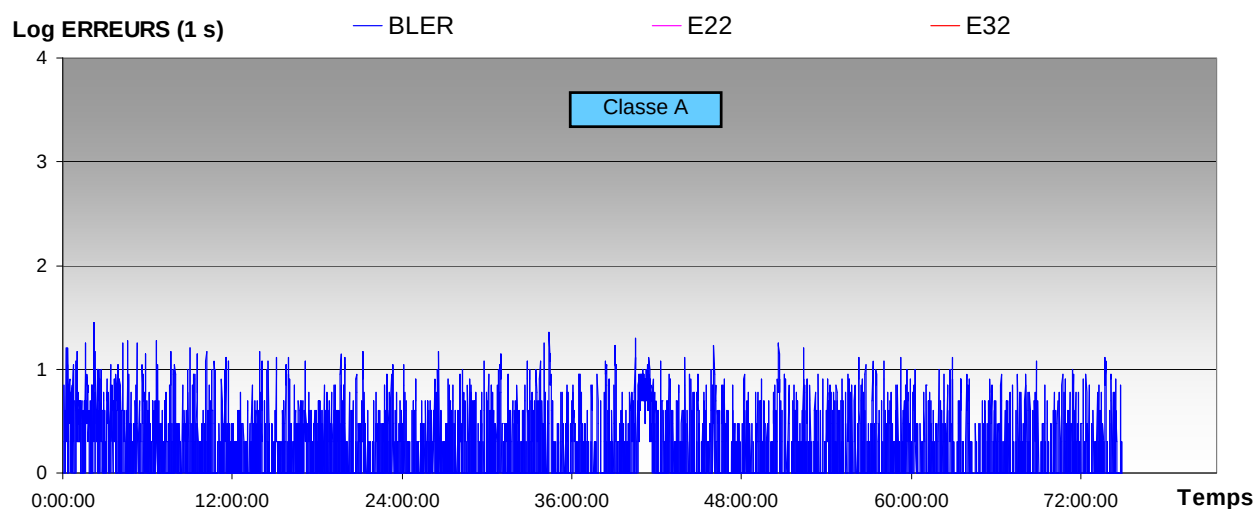
## Disque N° 69 – Réf. 34 (Verbatim) - 2003



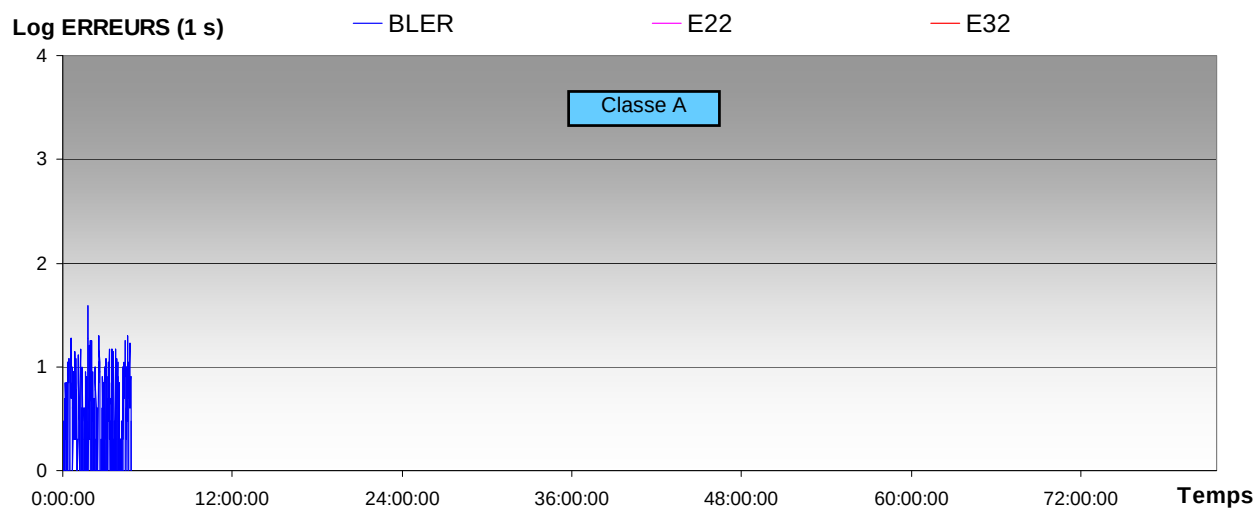
## Disque N° 70 – Réf. 6 (Verbatim) - 2003



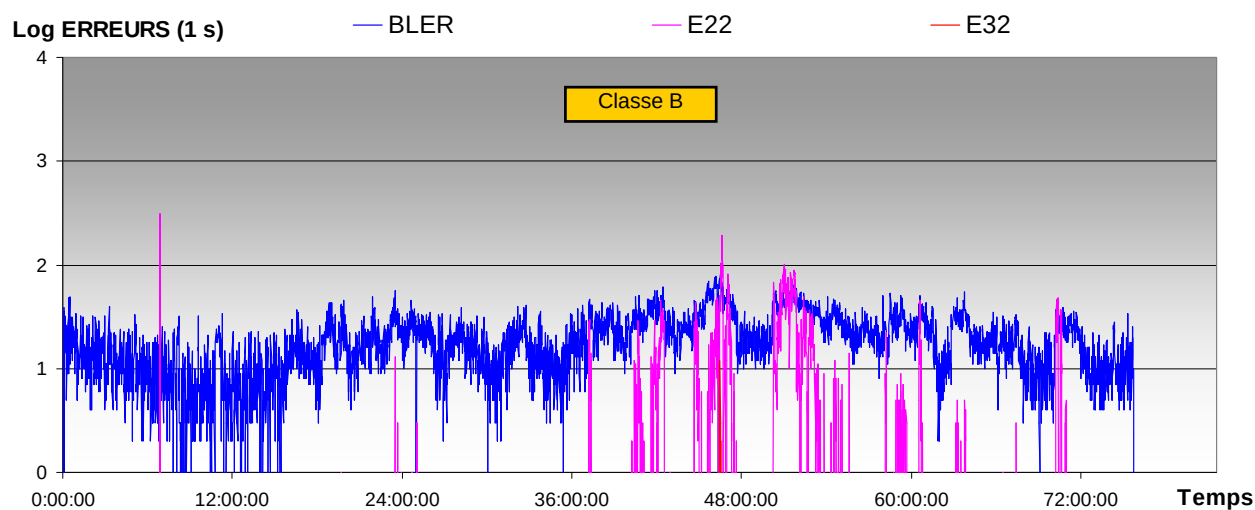
## Disque N° 71 – Réf. 6 (Verbatim) - 2003



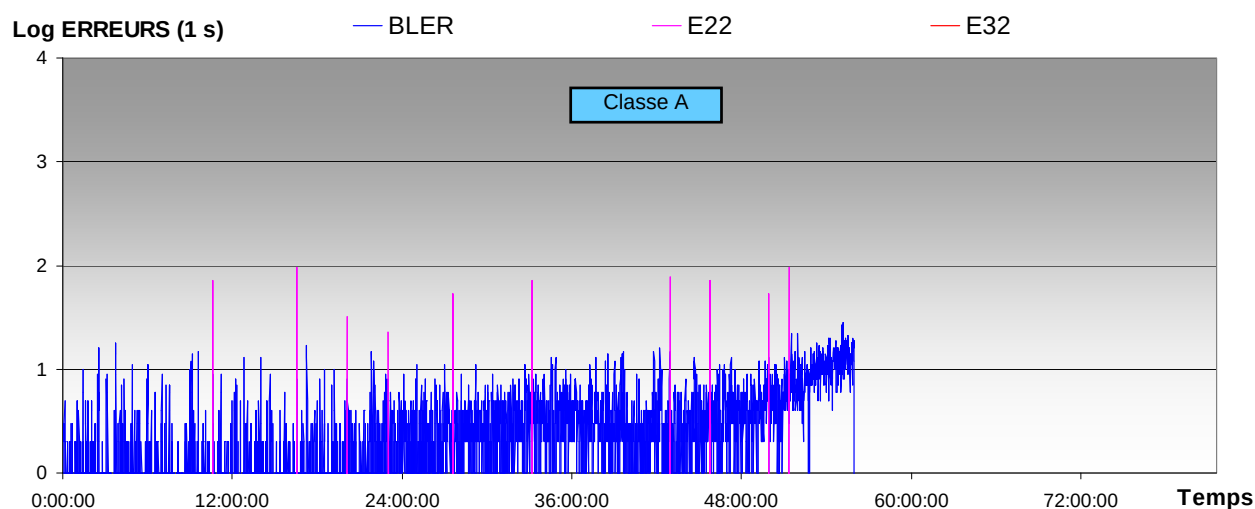
## Disque N° 72 – Réf. 34 (Verbatim) - 2004



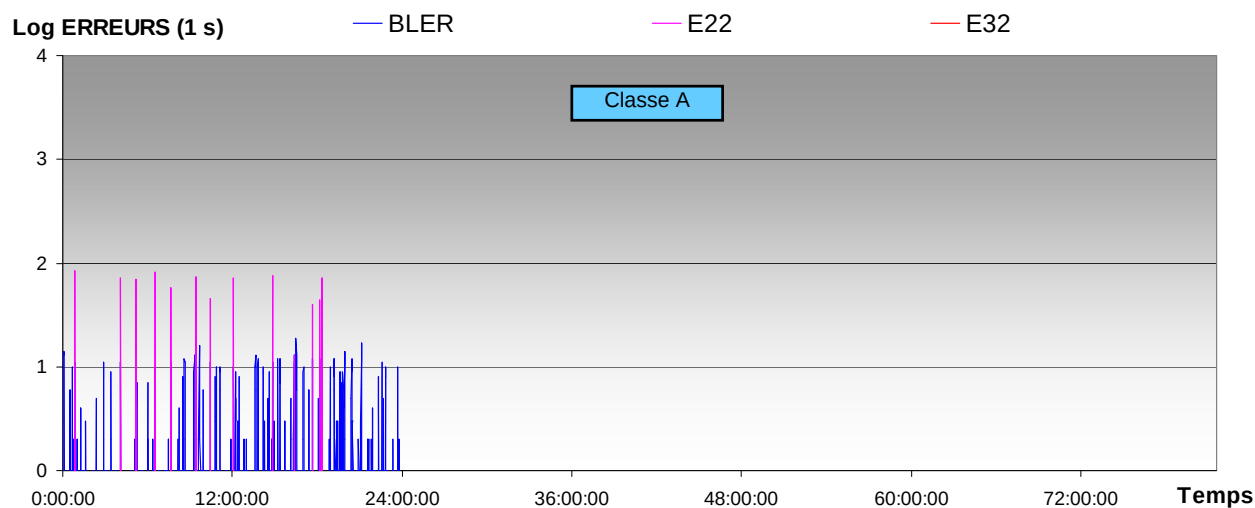
## Disque N° 73 – Réf. 9 (Bluesky) - 1996



## Disque N° 74 – Réf. 19 (Pioneer) - 1997

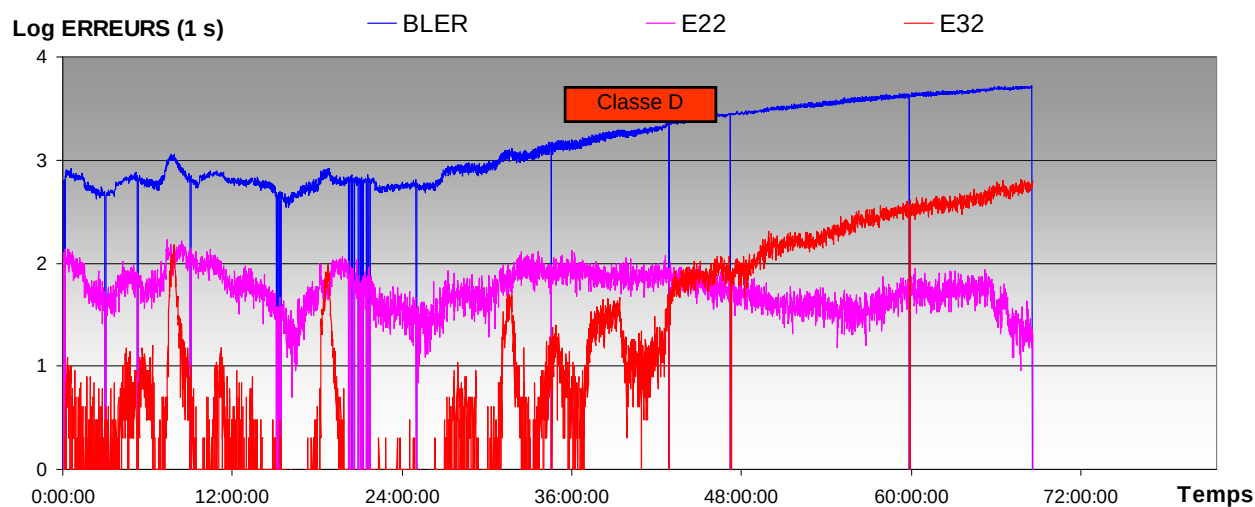


## Disque N° 75 – Réf. 33 (Verbatim) - 1999

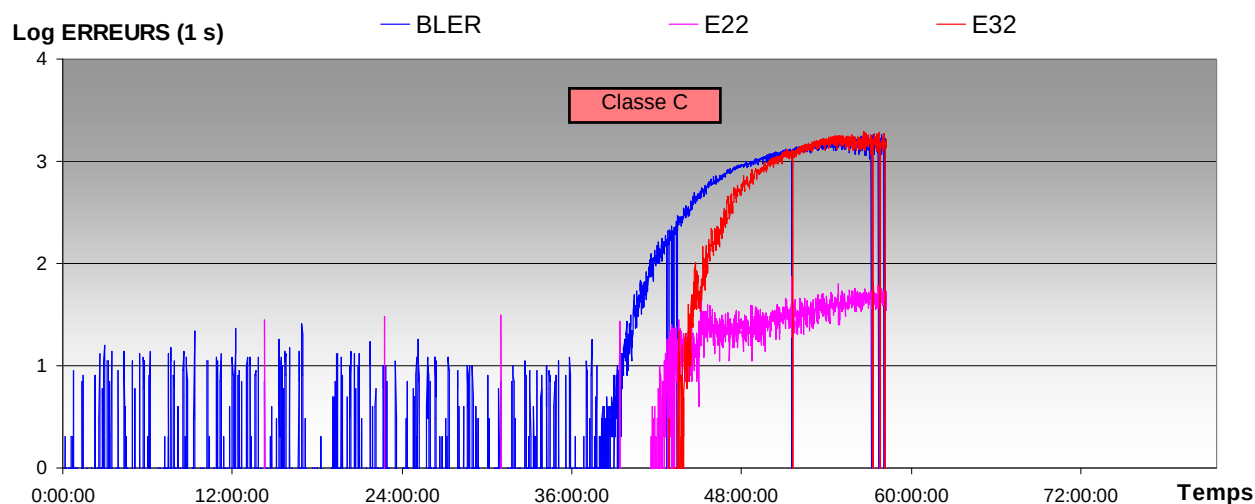




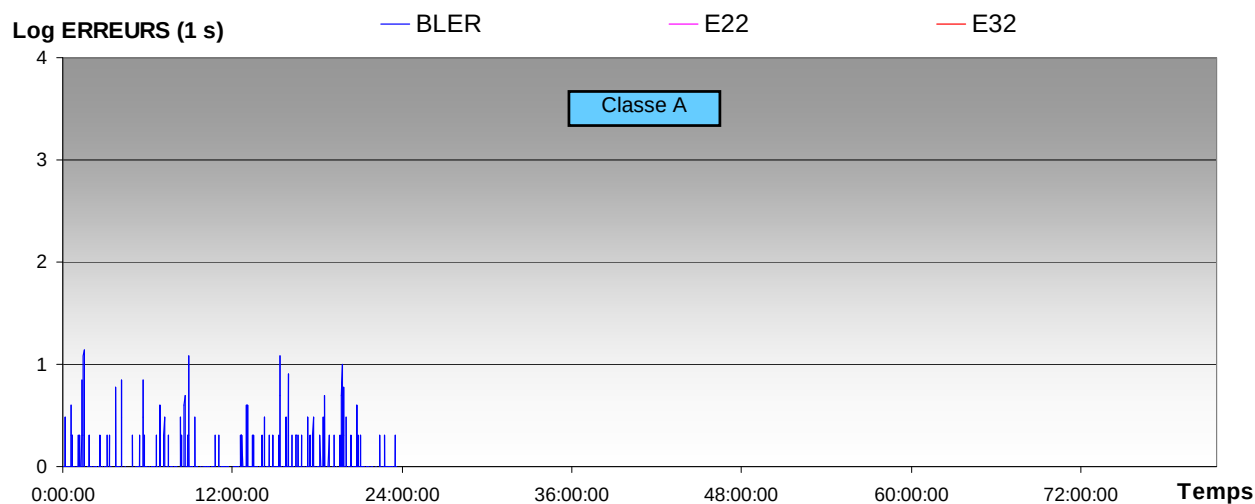
## Disque N° 76 – Réf. 17 (Memorex) - 2001



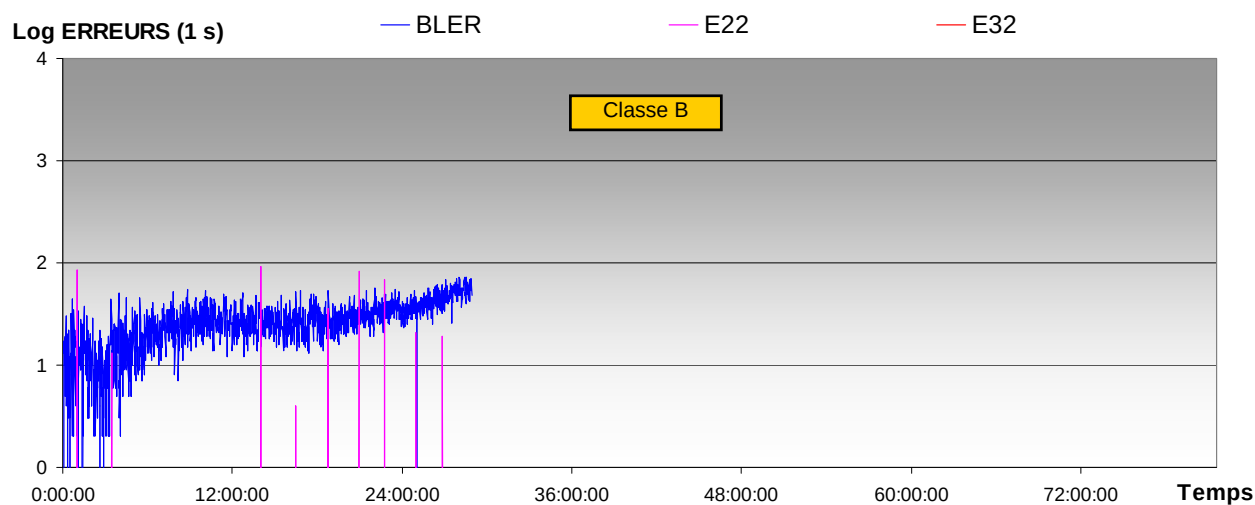
## Disque N° 77 – Réf. 15 ( ? ) - 2002



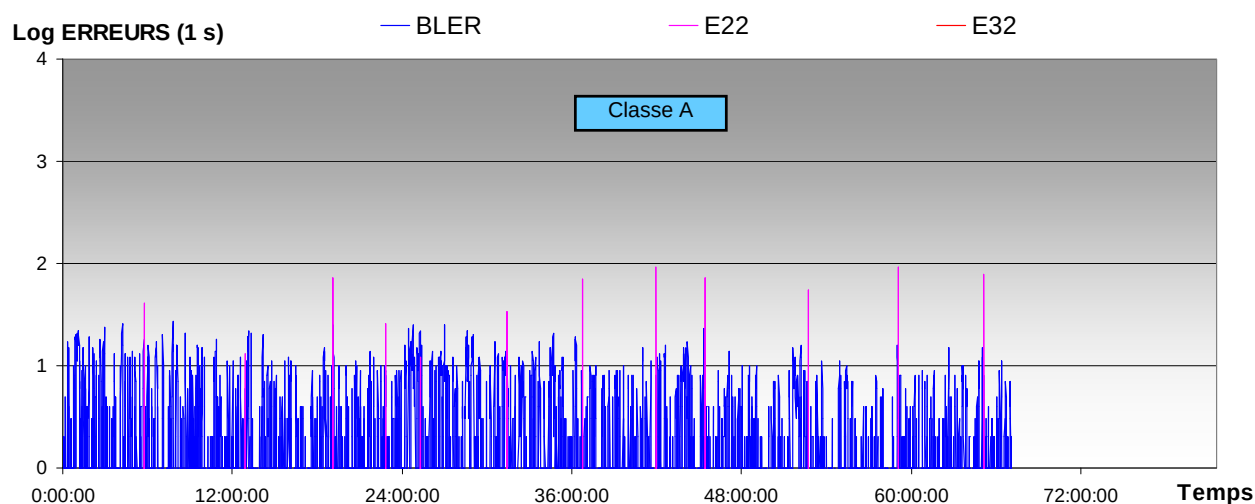
## Disque N° 78 – Réf. 32 (Verbatim) - 2002



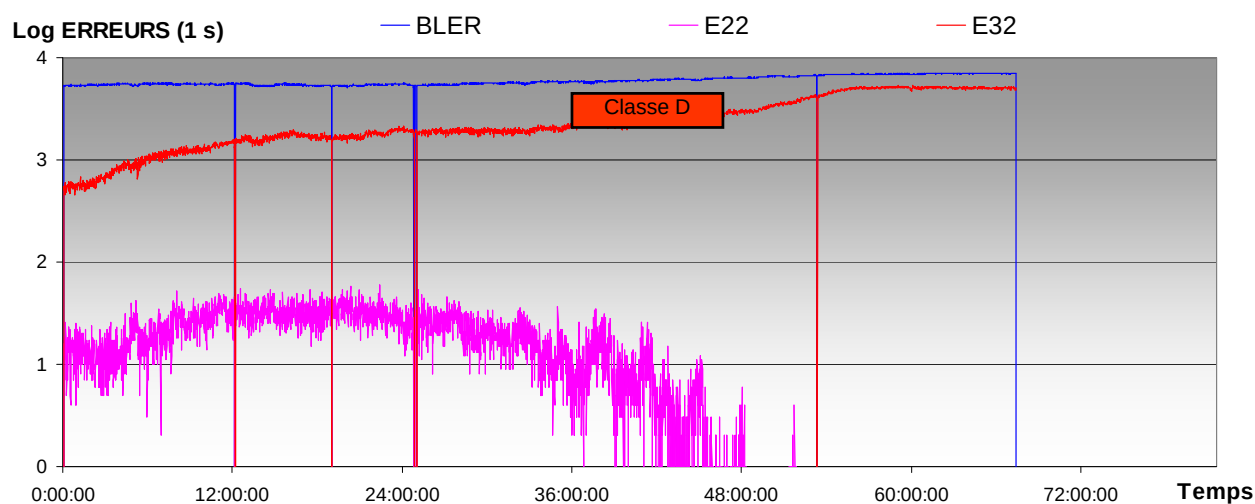
## Disque N° 79 – Réf. 32 (Verbatim)



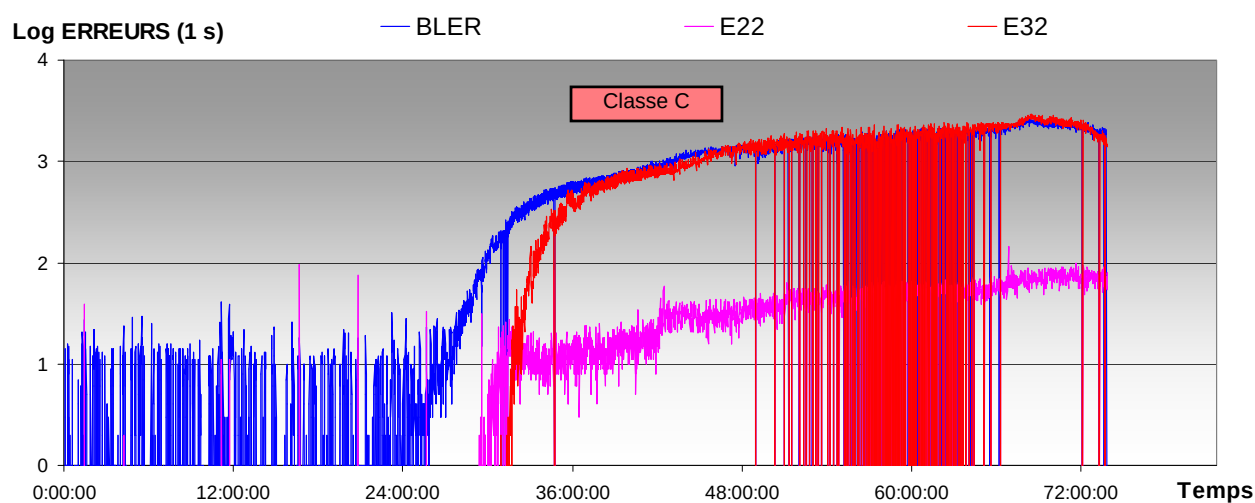
## Disque N° 80 – Réf. 32 (Verbatim)



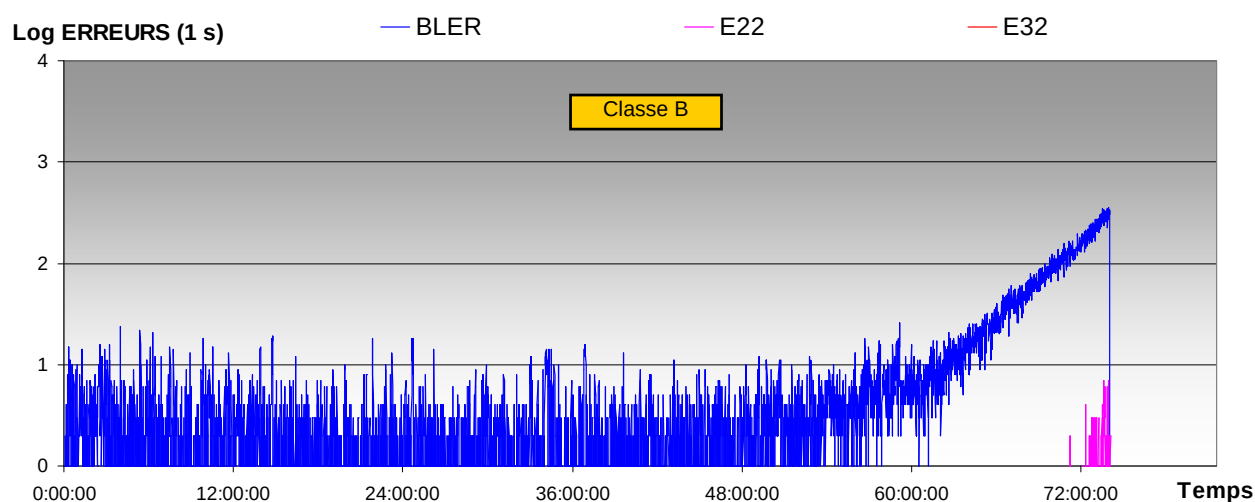
## Disque N° 81 – Réf. 3 (Hi Space) - 2000



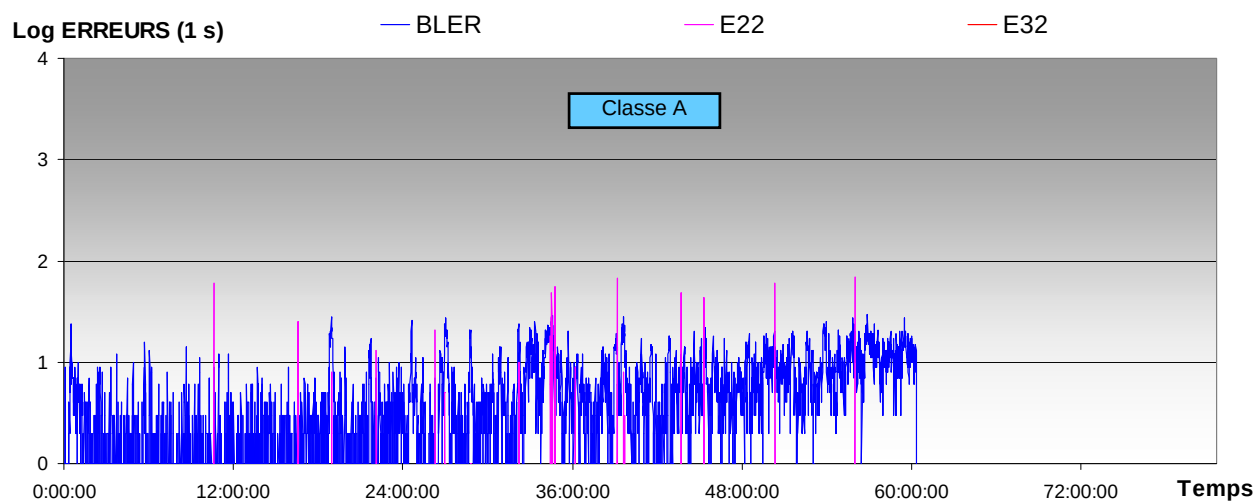
## Disque N° 82 – Réf. 15 ( ? ) - 1997



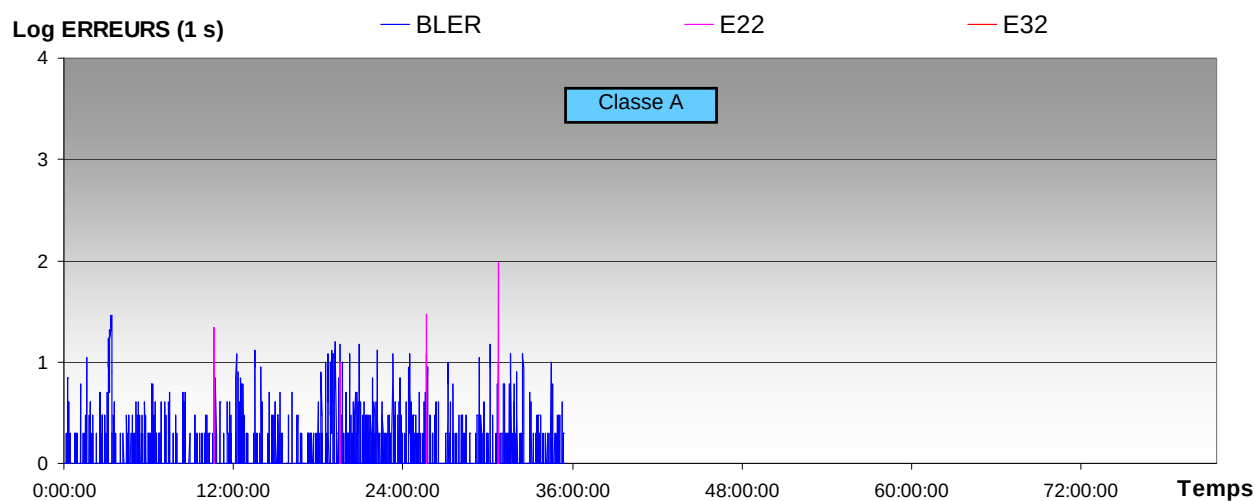
## Disque N° 83 – Réf. 18 (Imation) - 2000



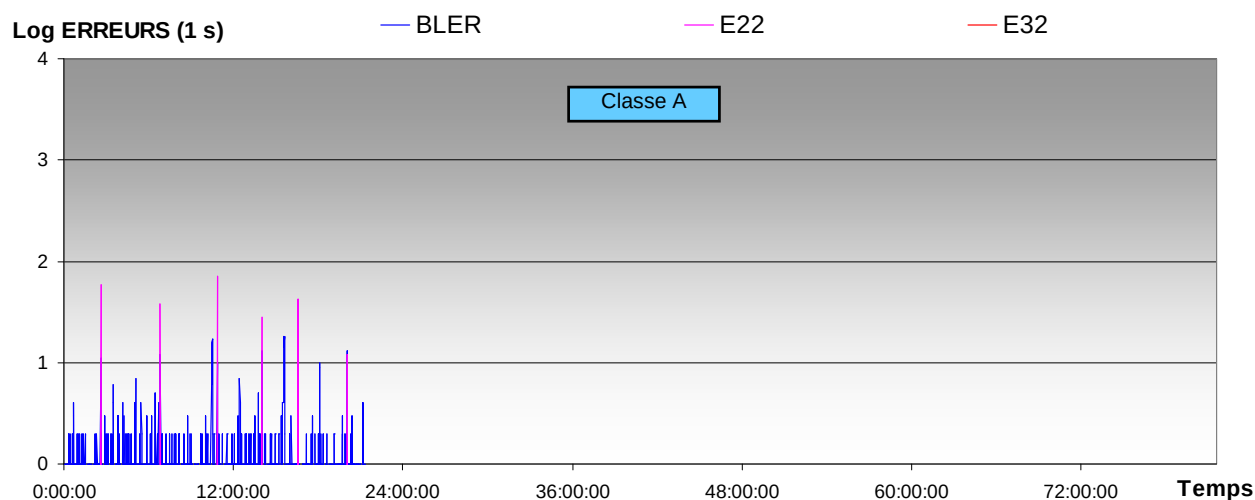
## Disque N° 84 – Réf. 12 (AMS) - 2001



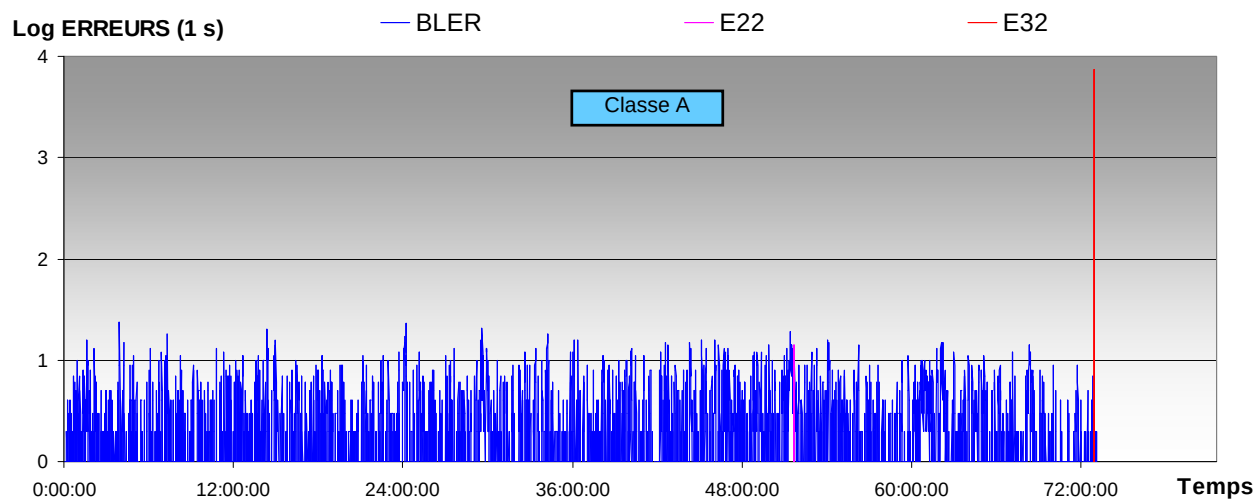
## Disque N° 85 – Réf. 20 (Kodak)



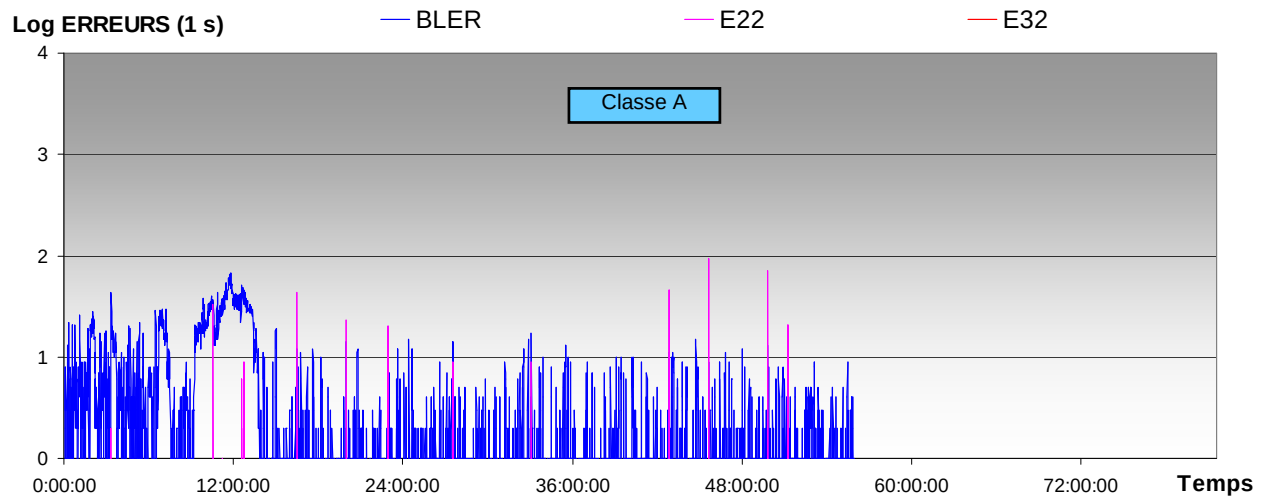
## Disque N° 86 – Réf. 32 (Verbatim)



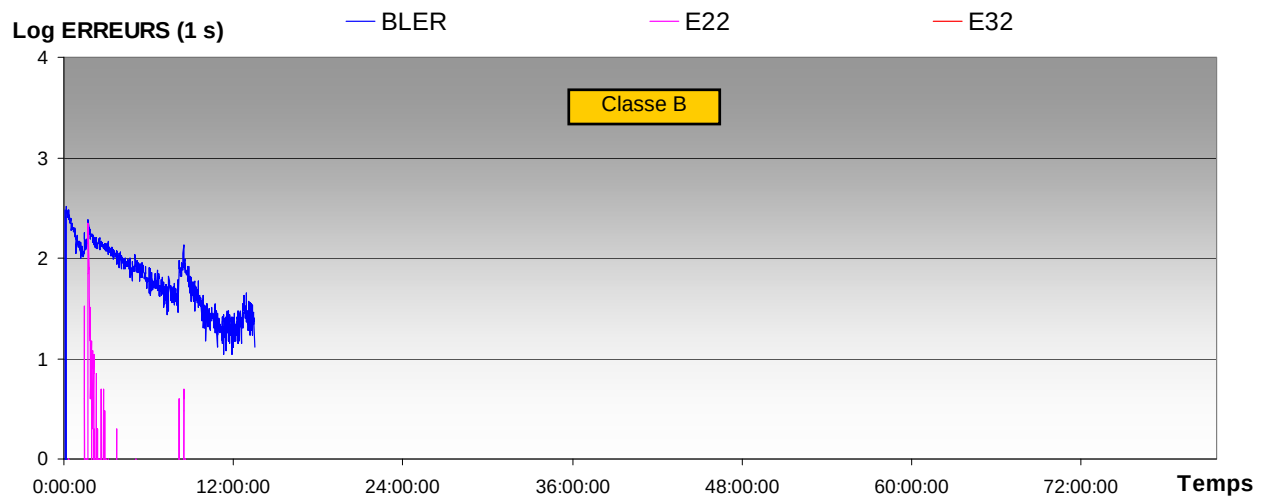
## Disque N° 87 – Réf. 31 (Silver Circle) - 2003



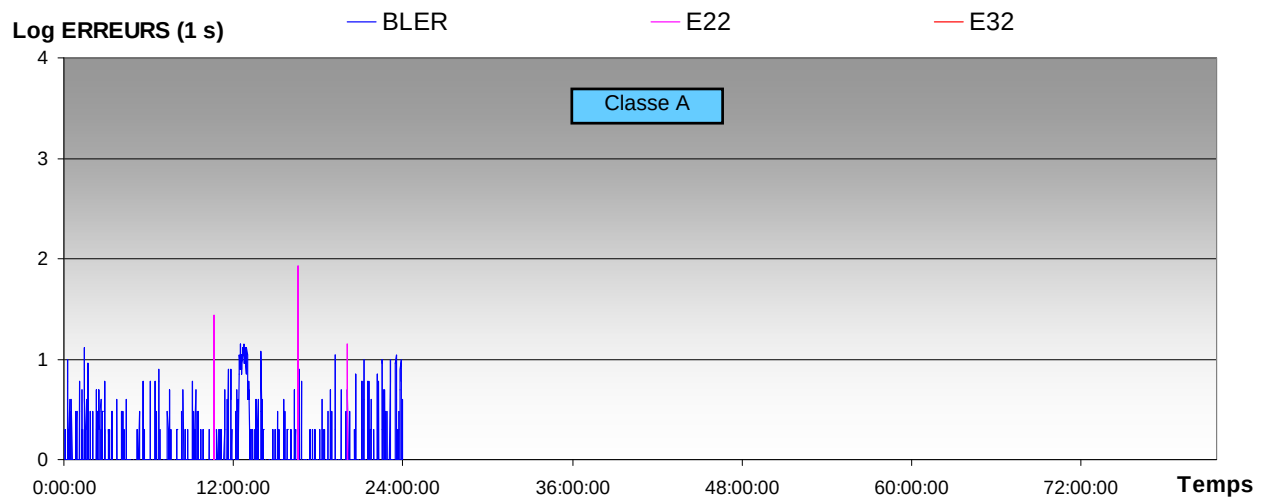
## Disque N° 88 – Réf. 19 (Pioneer)



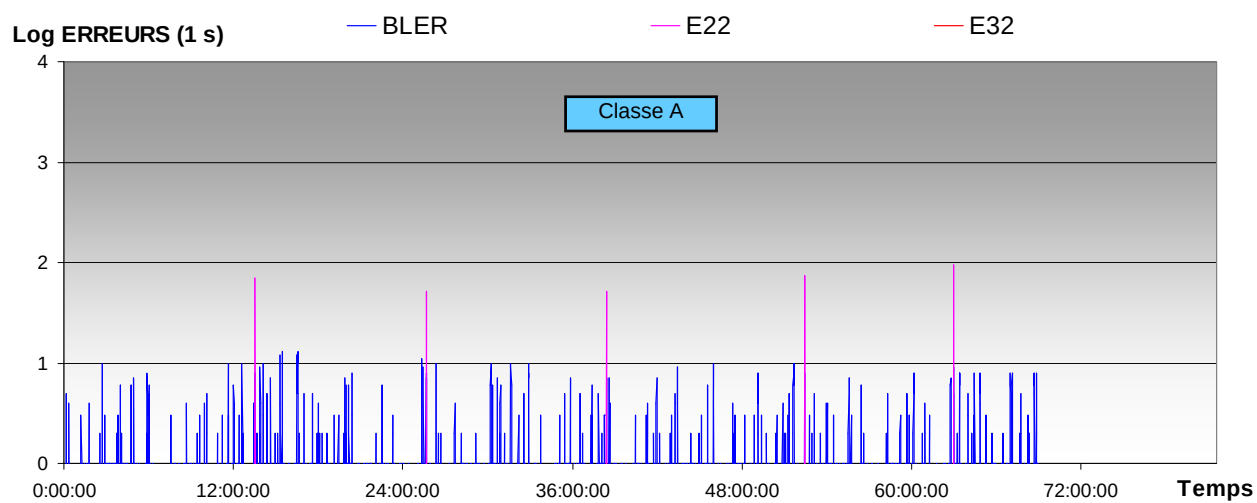
## Disque N° 89 – Réf. 25 (Master)



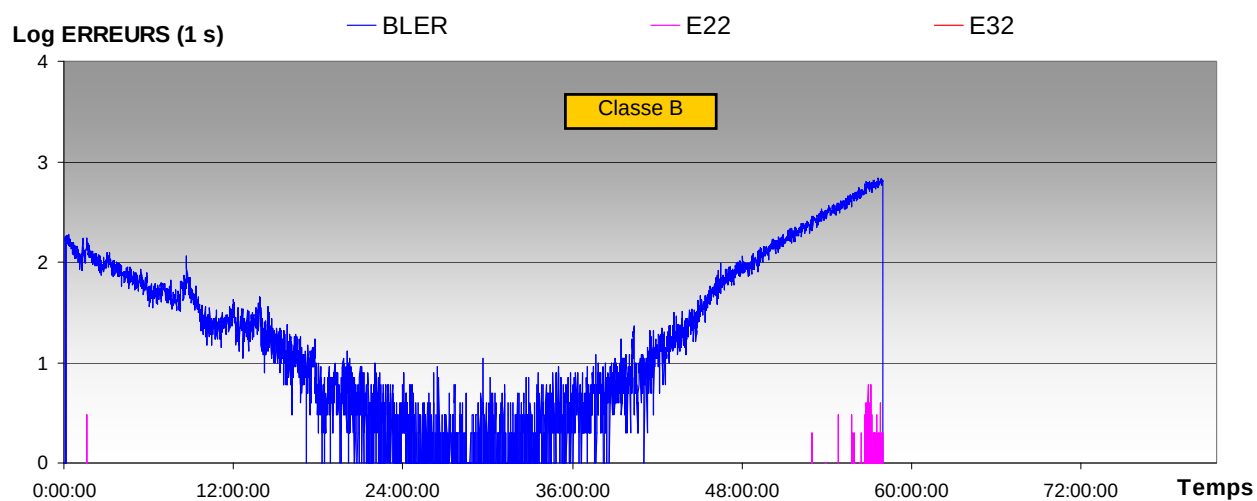
## Disque N° 90 – Réf. 32 (Verbatim)



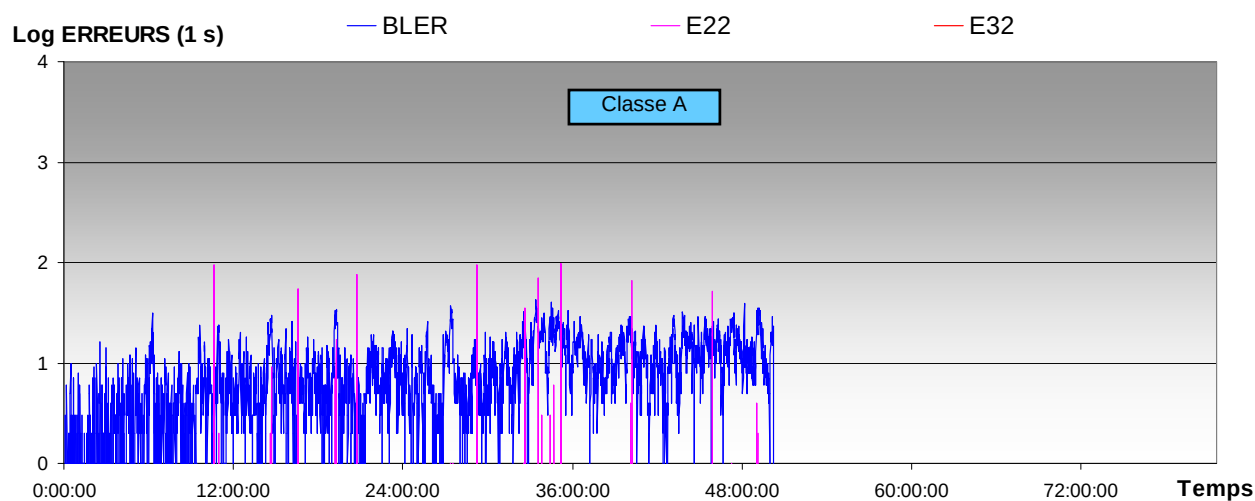
## Disque N° 91 – Réf. 28 (TDK)



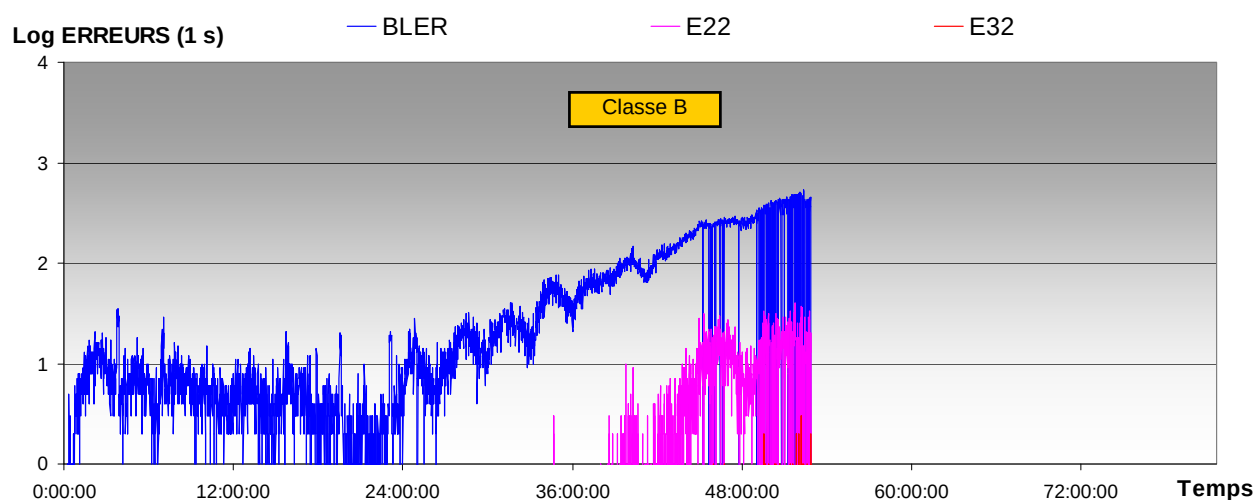
## Disque N° 92 – Réf. 25 (Master)



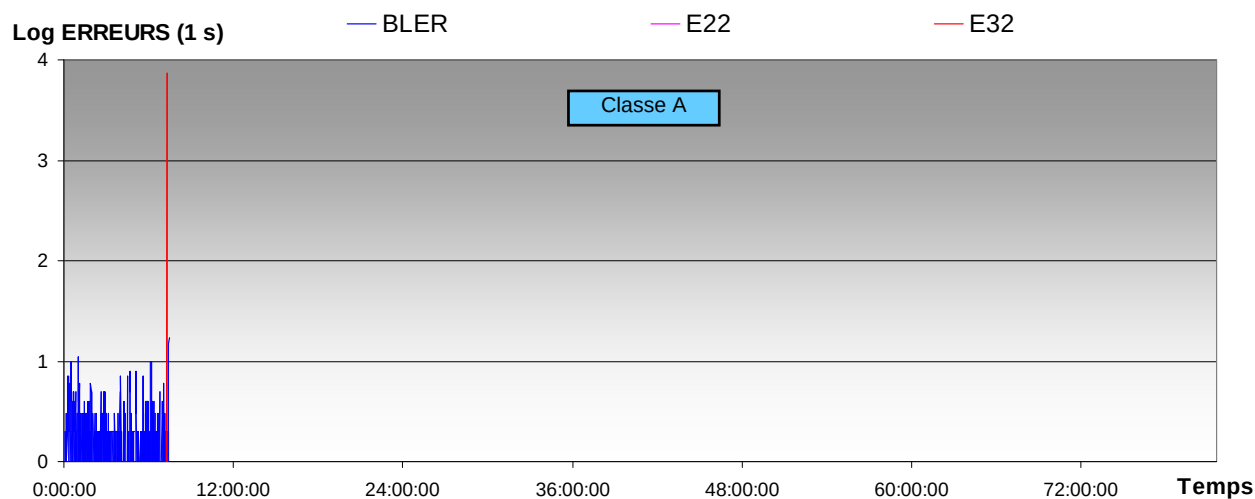
## Disque N° 94 – Réf. 12 (AMS)



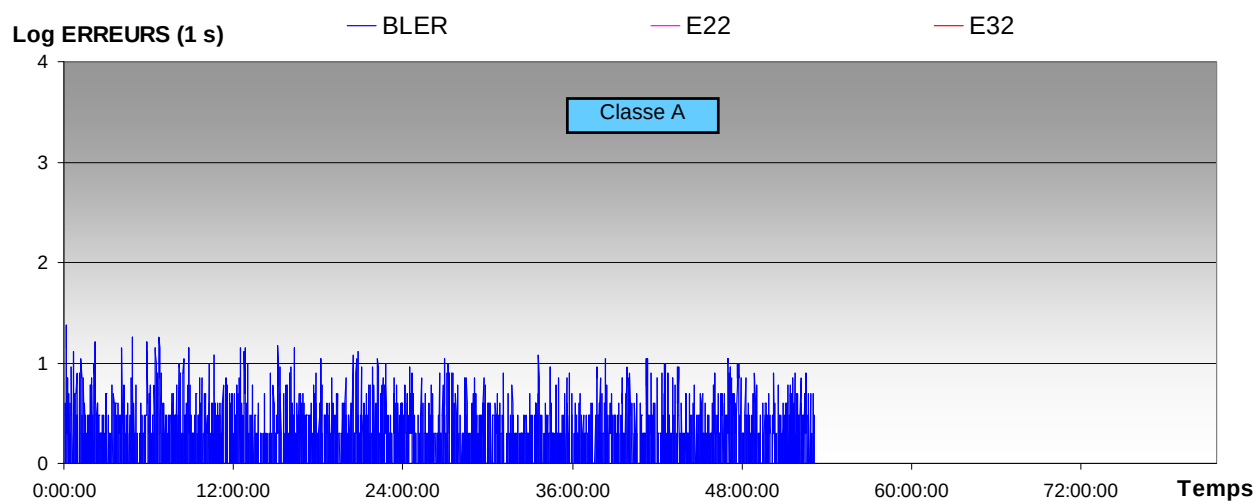
## Disque N° 95 – Réf. 23 (Sony) - 1999



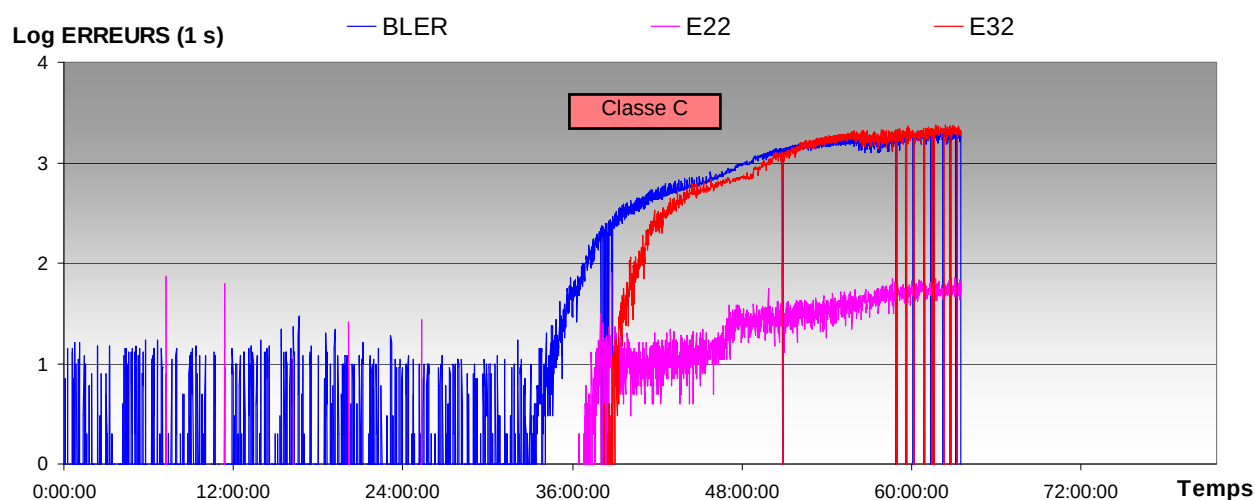
## Disque N° 96 – Réf. 32 (Verbatim) - 2000



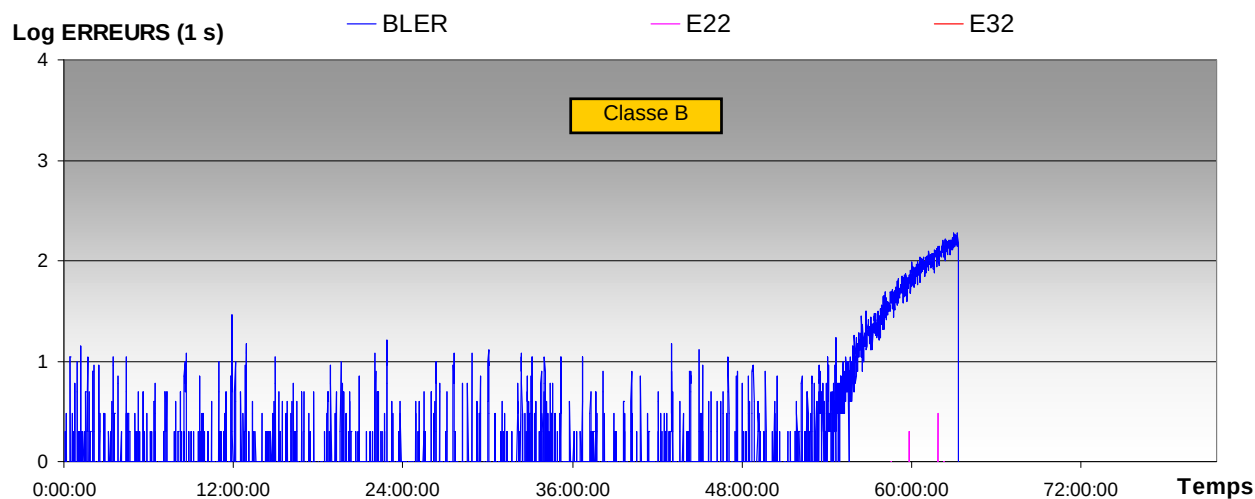
## Disque N° 97 – Réf. 21 (Kodak)



## Disque N° 98 – Réf. 15 ( ? )



## Disque N° 99 – Réf. 14 (Fuji) - 2003





## **ANNEXE 2**

### **Valeurs des taux d'erreurs numériques pour chaque disque**

**(valeurs du Logarithme décimal)**

## Erreurs numériques Bler, E22, E32

| N°   | BLER   |        |         | E22   |        |         |        | E32    |        |         |         |
|------|--------|--------|---------|-------|--------|---------|--------|--------|--------|---------|---------|
| CD-R | MOY    | MAX 1s | MAX 10s | MOY   | MAX 1s | MAX 10s | Total  | MOY    | MAX 1s | MAX 10s | Total   |
| 1    | 99,1   | 851    | 714,9   | 1,38  | 86     | 15      | 6119   | 1,6    | 99     | 69      | 7087    |
| 2    | 376,9  | 2822   | 2622,5  | 4,77  | 51     | 34      | 17502  | 28,3   | 421    | 333     | 103650  |
| 3    | 2,4    | 22     | 8,5     | 0,11  | 95     | 9       | 482    | 0,0    | 0      | 0       | 0       |
| 4    | 0,8    | 30     | 5,6     | 0,07  | 95     | 7       | 167    | 0,0    | 0      | 0       | 0       |
| 5    | 1,7    | 19     | 8,1     | 0,13  | 95     | 10      | 404    | 0,0    | 0      | 0       | 0       |
| 6    | 1,9    | 19     | 4,7     | 0,00  | 0      | 0       | 0      | 0,0    | 0      | 0       | 0       |
| 7    | 0,2    | 11     | 4,2     | 0,07  | 95     | 10      | 283    | 0,0    | 0      | 0       | 0       |
| 8    | 3,6    | 29     | 13,1    | 0,08  | 99     | 8       | 290    | 0,0    | 0      | 0       | 0       |
| 9    | 0,8    | 18     | 4,0     | 0,07  | 95     | 10      | 260    | 0,0    | 0      | 0       | 0       |
| 10   | 2,4    | 26     | 15,6    | 0,07  | 95     | 10      | 299    | 0,0    | 0      | 0       | 0       |
| 11   | 762,8  | 2256   | 1979,2  | 20,55 | 124    | 55      | 81051  | 803,5  | 2547   | 2281    | 3169745 |
| 12   | 677,9  | 2124   | 1888,2  | 17,70 | 131    | 59      | 72240  | 699,1  | 2405   | 2151    | 2852913 |
| 13   | 1,0    | 29     | 19,3    | 0,00  | 0      | 0       | 0      | 0,0    | 0      | 0       | 0       |
| 14   | 15,6   | 514    | 425,1   | 0,77  | 41     | 24      | 2991   | 12,6   | 699    | 518     | 49378   |
| 15   | 1,0    | 23     | 9,4     | 0,00  | 0      | 0       | 0      | 0,0    | 0      | 0       | 0       |
| 16   | 1,4    | 22     | 8,0     | 0,00  | 0      | 0       | 0      | 0,0    | 0      | 0       | 0       |
| 17   | 44,3   | 817    | 656,7   | 1,17  | 95     | 16      | 5142   | 14,4   | 522    | 419     | 63236   |
| 18   | 5515,6 | 7014   | 6961,4  | 28,69 | 107    | 77      | 129812 | 1936,9 | 5619   | 5430    | 8762488 |
| 19   | 6499,0 | 6830   | 6792,7  | 0,01  | 4      | 1       | 20     | 2611,6 | 3773   | 3692    | 4032250 |
| 20   | 16,5   | 182    | 147,9   | 0,00  | 1      | 0       | 1      | 0,0    | 0      | 0       | 0       |
| 21   | 3,2    | 56     | 16,7    | 0,00  | 0      | 0       | 0      | 0,0    | 0      | 0       | 0       |
| 22   | 6439,8 | 6933   | 6895,9  | 0,68  | 10     | 4       | 2315   | 2422,9 | 3956   | 3839    | 8206318 |
| 23   | 1,7    | 41     | 25,7    | 0,00  | 5      | 1       | 10     | 1,7    | 7350   | 0       | 7350    |
| 24   | 1,2    | 19     | 6,1     | 0,33  | 77     | 8       | 1226   | 0,0    | 0      | 0       | 0       |
| 25   | 55,0   | 503    | 427,6   | 1,16  | 23     | 15      | 4384   | 0,2    | 11     | 5       | 780     |
| 26   | 4042,0 | 7205   | 7176,7  | 22,92 | 126    | 92      | 99031  | 955,1  | 5803   | 5692    | 4126065 |
| 27   | 1,4    | 24     | 16,2    | 0,21  | 94     | 9       | 786    | 0,0    | 0      | 0       | 0       |
| 28   | 1,2    | 21     | 10,3    | 0,26  | 87     | 9       | 907    | 0,0    | 0      | 0       | 0       |
| 29   | 140,1  | 1737   | 1656,6  | 2,05  | 121    | 37      | 6669   | 1,0    | 55     | 45      | 3218    |
| 30   | 1,7    | 33     | 14,5    | 0,17  | 95     | 8       | 724    | 0,0    | 0      | 0       | 0       |
| 31   | 5523,7 | 6951   | 6731,4  | 14,50 | 76     | 45      | 69244  | 2036,7 | 5962   | 5588    | 9729366 |
| 32   | 70,1   | 429    | 346,1   | 0,36  | 96     | 6       | 1562   | 0,0    | 1      | 0       | 1       |
| 33   | 221,8  | 2159   | 1912,4  | 3,78  | 66     | 42      | 16806  | 0,5    | 80     | 17      | 2192    |
| 34   | 1,8    | 18     | 8,5     | 0,15  | 96     | 10      | 657    | 0,0    | 0      | 0       | 0       |
| 35   | 1,6    | 22     | 7,1     | 0,07  | 76     | 8       | 284    | 0,0    | 0      | 0       | 0       |
| 36   | 0,5    | 14     | 4,7     | 0,19  | 96     | 10      | 756    | 0,0    | 0      | 0       | 0       |
| 37   | 0,6    | 15     | 9,9     | 0,11  | 92     | 9       | 478    | 0,0    | 0      | 0       | 0       |
| 38   | 2,7    | 32     | 17,4    | 0,11  | 95     | 10      | 475    | 0,0    | 0      | 0       | 0       |
| 39   | 40,6   | 403    | 300,8   | 0,17  | 84     | 8       | 783    | 0,0    | 0      | 0       | 0       |
| 40   | 1,5    | 49     | 24,2    | 0,18  | 96     | 10      | 817    | 0,0    | 0      | 0       | 0       |
| 41   | 2,4    | 35     | 17,3    | 0,02  | 52     | 7       | 73     | 0,0    | 0      | 0       | 0       |
| 42   | 3,7    | 55     | 40,6    | 1,83  | 235    | 113     | 7928   | 0,0    | 0      | 0       | 0       |
| 43   | 1,8    | 24     | 10,3    | 0,16  | 65     | 6       | 629    | 0,0    | 17     | 0       | 17      |
| 44   | 11,5   | 178    | 94,8    | 0,01  | 28     | 5       | 65     | 0,0    | 0      | 0       | 0       |
| 45   | 124,9  | 651    | 598,3   | 51,56 | 458    | 329     | 154485 | 1,1    | 143    | 69      | 3289    |
| 46   | 4,1    | 43     | 11,0    | 0,26  | 97     | 10      | 831    | 0,0    | 0      | 0       | 0       |
| 47   | 15,4   | 62     | 32,3    | 0,00  | 0      | 0       | 0      | 0,0    | 0      | 0       | 0       |
| 48   | 11,4   | 59     | 47,0    | 0,16  | 85     | 9       | 478    | 0,0    | 0      | 0       | 0       |
| 49   | 1,4    | 17     | 5,5     | 0,01  | 15     | 2       | 15     | 0,0    | 0      | 0       | 0       |

## Erreurs numériques Bler, E22, E32

| N° | BLER               |        |         | E22   |        |         |        | E32    |        |         |          |
|----|--------------------|--------|---------|-------|--------|---------|--------|--------|--------|---------|----------|
|    | MOY                | MAX 1s | MAX 10s | MOY   | MAX 1s | MAX 10s | Total  | MOY    | MAX 1s | MAX 10s | Total    |
| 50 | 9,4                | 50     | 38,3    | 0,12  | 95     | 6       | 416    | 0,0    | 0      | 0       | 0        |
| 51 | 36,4               | 308    | 217,1   | 0,26  | 118    | 22      | 937    | 0,0    | 0      | 0       | 0        |
| 52 | 1,8                | 27     | 5,7     | 0,00  | 0      | 0       | 0      | 1,7    | 7350   | 735     | 7350     |
| 53 | 158,2              | 917    | 623,0   | 0,19  | 90     | 8       | 658    | 0,0    | 0      | 0       | 0        |
| 54 | 1,8                | 32     | 7,2     | 0,00  | 8      | 1       | 8      | 1,8    | 7350   | 735     | 7350     |
| 55 | 462,4              | 1499   | 1265,6  | 3,64  | 95     | 21      | 13238  | 0,0    | 3      | 1       | 122      |
| 56 | 2,3                | 42     | 36,5    | 1,36  | 154    | 106     | 5996   | 0,0    | 0      | 0       | 0        |
| 57 | 1,8                | 20     | 6,3     | 0,00  | 0      | 0       | 0      | 0,0    | 0      | 0       | 0        |
| 58 | 26,2               | 144    | 92,7    | 0,00  | 0      | 0       | 0      | 0,0    | 0      | 0       | 0        |
| 59 | 0,5                | 23     | 4,9     | 0,00  | 0      | 0       | 0      | 0,0    | 0      | 0       | 0        |
| 60 | Disque non lisible |        |         |       |        |         |        |        |        |         |          |
| 61 | 1,3                | 21     | 7,9     | 0,26  | 96     | 10      | 867    | 0,0    | 0      | 0       | 0        |
| 62 | 1,6                | 24     | 4,6     | 0,00  | 0      | 0       | 0      | 0,0    | 0      | 0       | 0        |
| 63 | 1,6                | 22     | 5,2     | 0,00  | 0      | 0       | 0      | 0,0    | 0      | 0       | 0        |
| 64 | 1,9                | 25     | 6,2     | 0,09  | 71     | 7       | 387    | 0,0    | 0      | 0       | 0        |
| 65 | 2,1                | 36     | 29,8    | 1,20  | 133    | 114     | 5109   | 0,0    | 0      | 0       | 0        |
| 66 | 4,9                | 49     | 40,2    | 1,34  | 254    | 146     | 5558   | 0,0    | 0      | 0       | 0        |
| 67 | 2,2                | 29     | 11,8    | 0,00  | 0      | 0       | 0      | 0,0    | 0      | 0       | 0        |
| 68 | 0,6                | 16     | 9,0     | 0,00  | 0      | 0       | 0      | 0,0    | 0      | 0       | 0        |
| 69 | 3,4                | 40     | 14,7    | 0,07  | 96     | 10      | 292    | 0,0    | 0      | 0       | 0        |
| 70 | 1,8                | 30     | 9,4     | 0,01  | 22     | 0       | 56     | 0,0    | 0      | 0       | 0        |
| 71 | 2,2                | 28     | 11,0    | 0,00  | 0      | 0       | 0      | 0,0    | 0      | 0       | 0        |
| 72 | 4,8                | 39     | 9,0     | 0,00  | 0      | 0       | 0      | 0,0    | 0      | 0       | 0        |
| 73 | 20,2               | 83     | 62,1    | 2,66  | 310    | 100     | 12089  | 0,0    | 12     | 0       | 23       |
| 74 | 3,2                | 28     | 16,3    | 0,19  | 96     | 10      | 646    | 0,0    | 0      | 0       | 0        |
| 75 | 0,8                | 19     | 6,4     | 0,56  | 84     | 8       | 798    | 0,0    | 0      | 0       | 0        |
| 76 | 1942,5             | 5254   | 5102,9  | 58,29 | 167    | 134     | 239786 | 100,6  | 650    | 557     | 413712   |
| 77 | 281,0              | 1801   | 1517,2  | 8,05  | 75     | 48      | 28083  | 239,6  | 1979   | 1628    | 836349   |
| 78 | 0,4                | 14     | 3,8     | 0,00  | 0      | 0       | 0      | 0,0    | 0      | 0       | 0        |
| 79 | 28,2               | 73     | 61,1    | 0,24  | 93     | 8       | 420    | 0,0    | 0      | 0       | 0        |
| 80 | 2,5                | 27     | 15,3    | 0,17  | 91     | 8       | 665    | 0,0    | 0      | 0       | 0        |
| 81 | 5963,6             | 7042   | 7001,1  | 14,22 | 60     | 39      | 57503  | 2583,5 | 5298   | 5169    | 10450087 |
| 82 | 771,0              | 2616   | 2464,4  | 22,53 | 143    | 75      | 99860  | 764,9  | 2896   | 2723    | 3390203  |
| 83 | 15,9               | 355    | 306,5   | 0,03  | 7      | 3       | 137    | 0,0    | 0      | 0       | 0        |
| 84 | 5,4                | 30     | 19,2    | 0,18  | 70     | 7       | 642    | 0,0    | 0      | 0       | 0        |
| 85 | 1,3                | 29     | 19,6    | 0,07  | 96     | 10      | 158    | 0,0    | 0      | 0       | 0        |
| 86 | 0,7                | 18     | 3,6     | 0,20  | 71     | 7       | 250    | 0,0    | 0      | 0       | 0        |
| 87 | 2,2                | 24     | 9,6     | 0,00  | 14     | 0       | 14     | 1,7    | 7350   | 735     | 7350     |
| 88 | 4,3                | 68     | 51,8    | 0,12  | 93     | 7       | 388    | 0,0    | 0      | 0       | 0        |
| 89 | 78,3               | 326    | 266,4   | 1,11  | 224    | 39      | 894    | 0,0    | 0      | 0       | 0        |
| 90 | 1,0                | 14     | 11,2    | 0,09  | 84     | 8       | 125    | 0,0    | 0      | 0       | 0        |
| 91 | 0,4                | 13     | 7,2     | 0,08  | 94     | 9       | 340    | 0,0    | 0      | 0       | 0        |
| 92 | 71,7               | 687    | 623,4   | 0,03  | 6      | 1       | 101    | 0,0    | 0      | 0       | 0        |
| 93 |                    |        |         |       |        |         |        |        |        |         |          |
| 94 | 9,0                | 42     | 32,5    | 0,24  | 96     | 9       | 722    | 0,0    | 0      | 0       | 0        |
| 95 | 62,2               | 545    | 396,4   | 1,98  | 40     | 20      | 6273   | 0,0    | 3      | 0       | 24       |
| 96 | 1,7                | 17     | 3,0     | 0,00  | 0      | 0       | 0      | 16,6   | 7350   | 735     | 7350     |
| 97 | 1,9                | 24     | 6,1     | 0,00  | 0      | 0       | 0      | 0,0    | 0      | 0       | 0        |
| 98 | 464,3              | 2062   | 1883,1  | 12,06 | 94     | 61      | 45943  | 444,7  | 2386   | 2119    | 1693457  |
| 99 | 9,0                | 189    | 160,0   | 0,00  | 3      | 0       | 7      | 0,0    | 0      | 0       | 0        |



## **ANNEXE 3**

### **Représentations de surface du taux d'erreurs BLER**

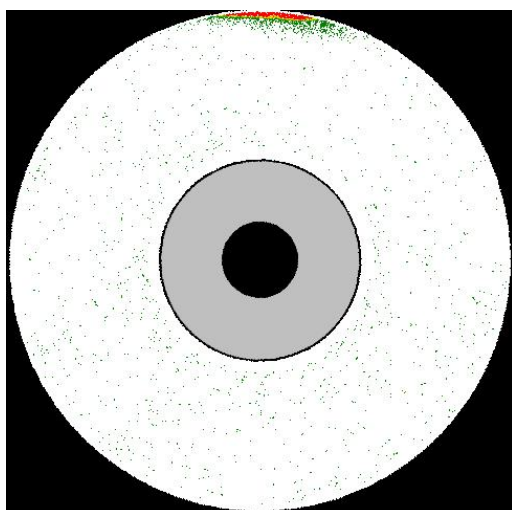
**Référence N°3 : Hi Space –ATIP 1632**

**CD 81**

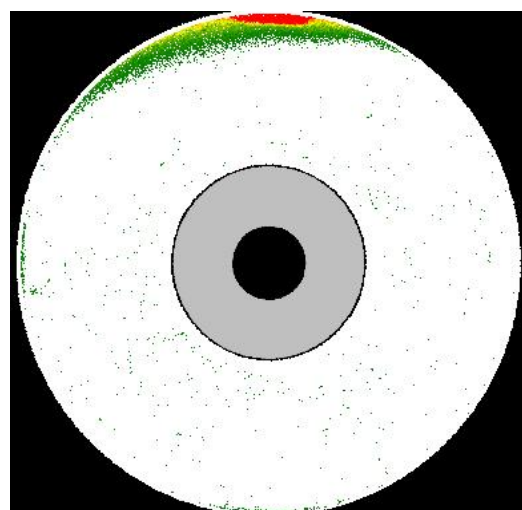


**Référence N°5 : Philips –ATIP 2401**

**CD 14**

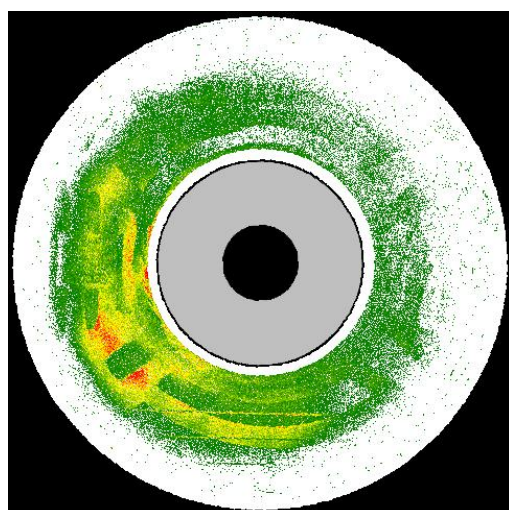


**CD 17**

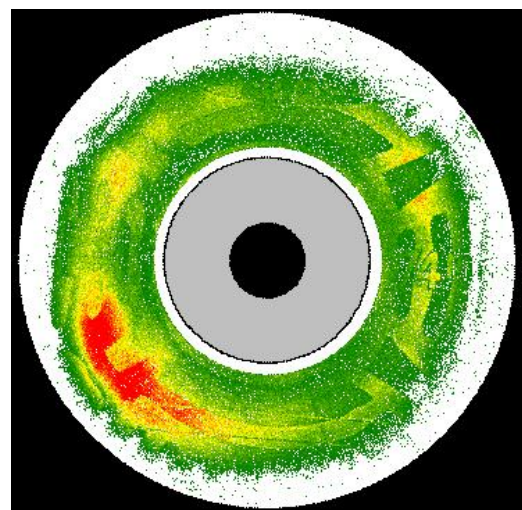


**Référence N°8 : Hi Space –ATIP 2424**

**CD 53**



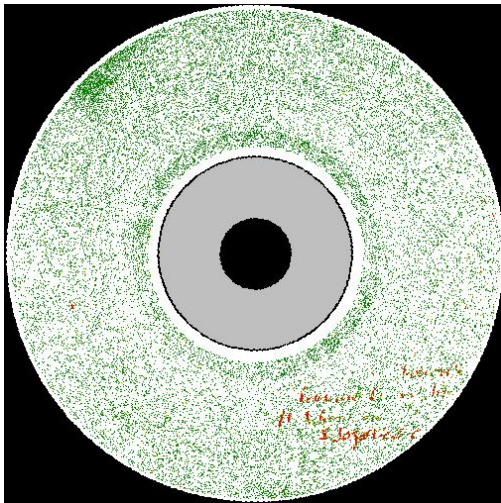
**CD 55**





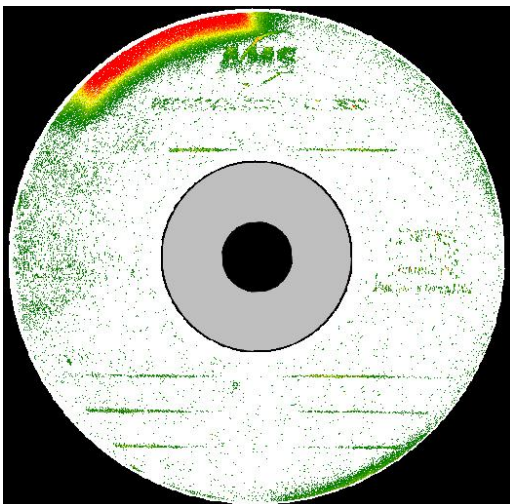
**Référence N°9 : Bluesky –ATIP 2426**

**CD 73**

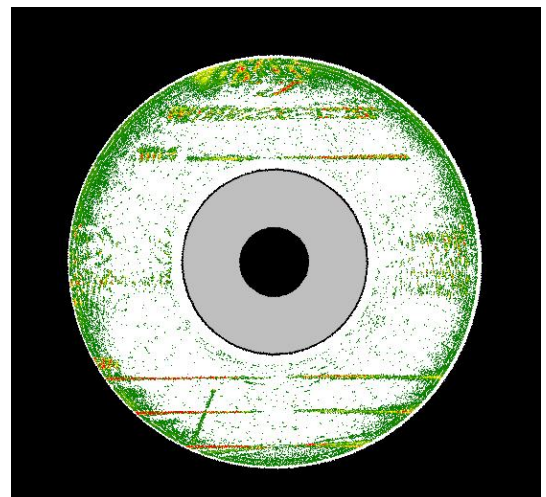


**Référence N°12 : AMS –ATIP 2550**

**CD 39**

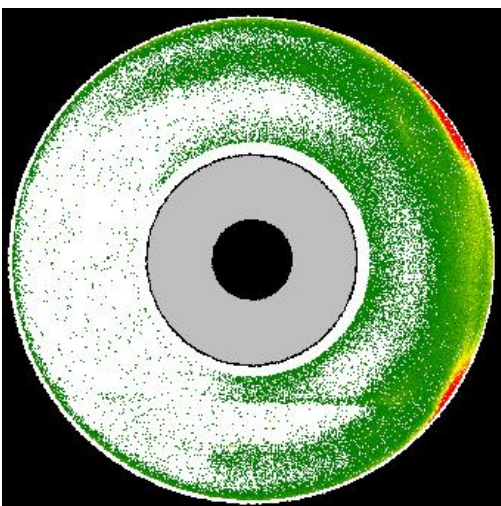


**CD 45**



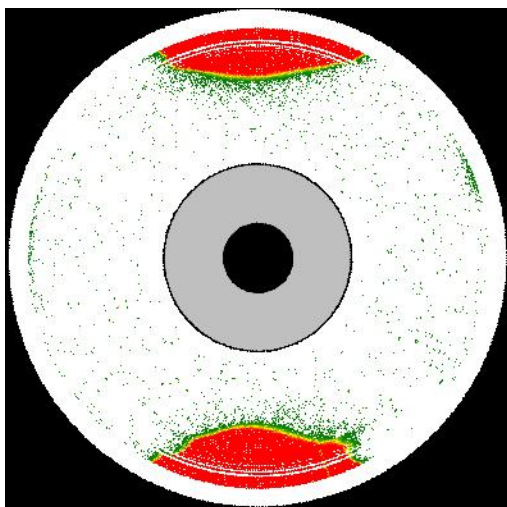
**Référence N°13 : ? –ATIP 2640**

**CD 29**

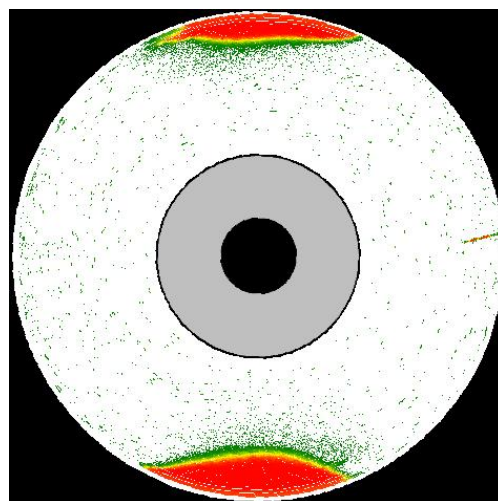


**Référence N°15 : ? –ATIP 2650**

CD 11

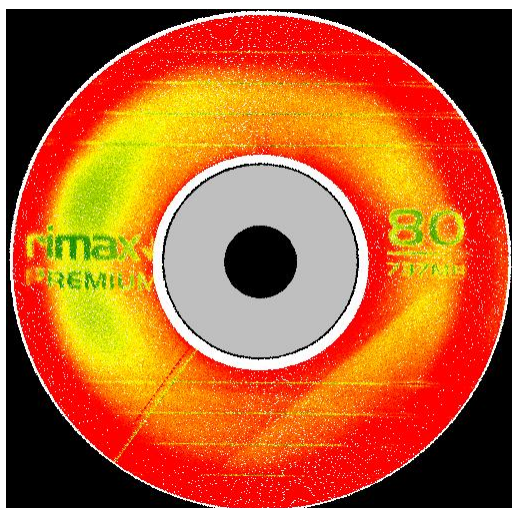


CD 98

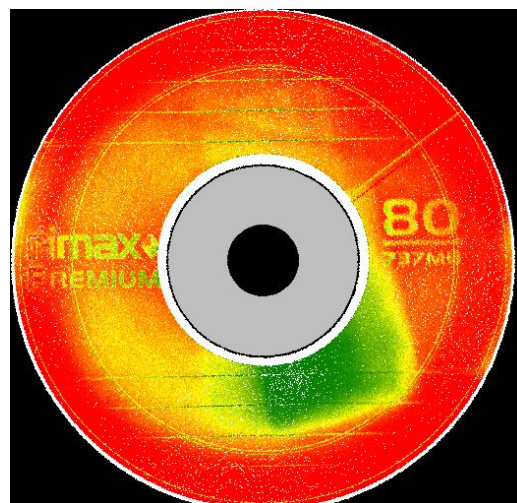


**Référence N°16 : Rimax –ATIP 2650**

CD 18

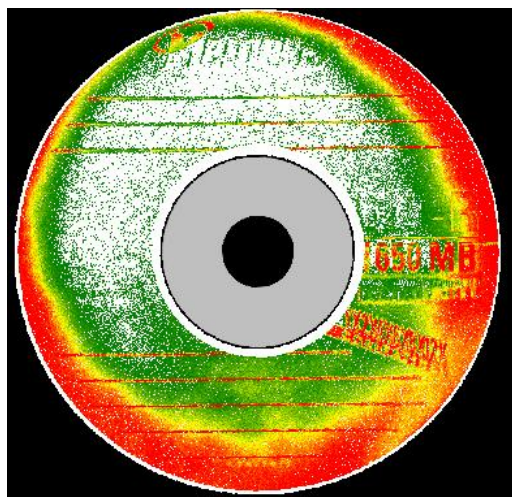


CD 31



**Référence N°17 : Memorex –ATIP 2666**

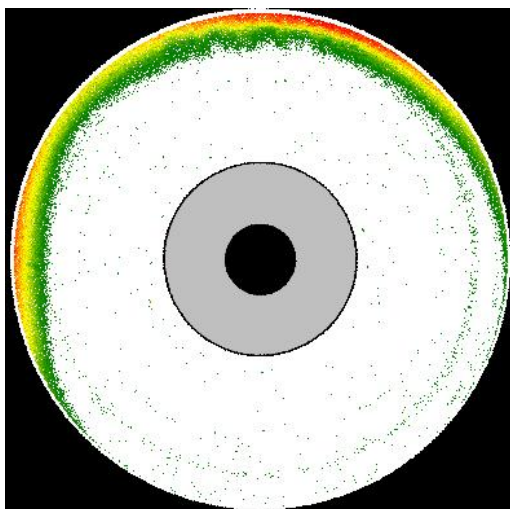
CD 76





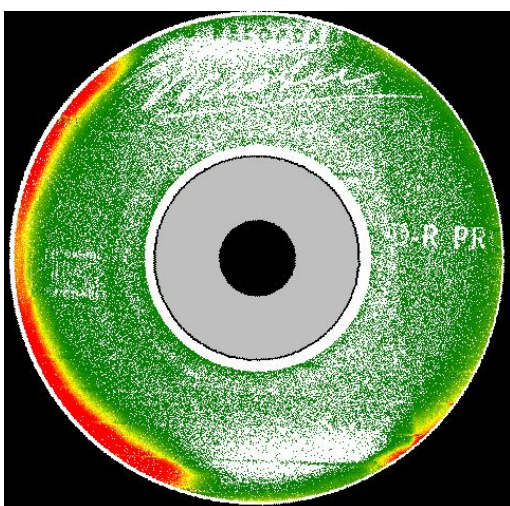
**Référence N°24 : Mitsui –ATIP 2756**

**CD 33**

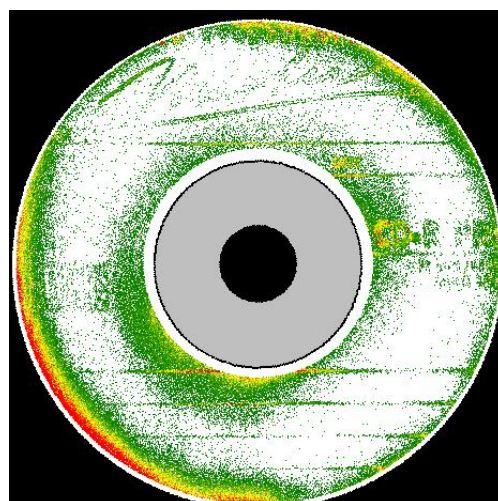


**Référence N°25 : Master –ATIP 3100**

**CD 2**

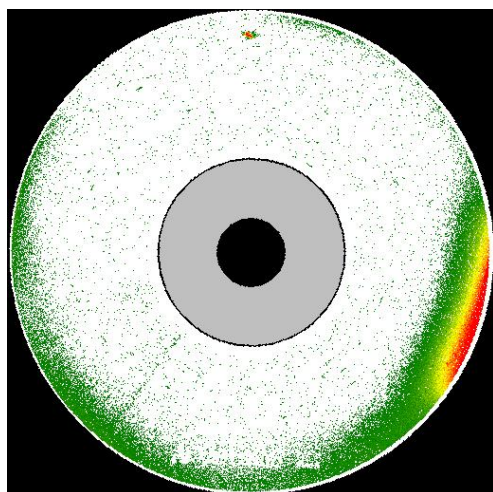


**CD 92**



**Référence N°32 : Verbatim –ATIP 3420**

**CD 1**



**CD 25**

