**ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ**
**ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ**
**ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΜΕΣΟΓΕΙΩΝ 14-18, 115 10 ΑΘΗΝΑ**

**MINISTRY FOR DEVELOPMENT**
**GENERAL SECRETARIAT FOR**
**RESEARCH & TECHNOLOGY**

**14-18 MESSOGION AV., 115 10**
**ATHENS**

**TEL : 7752222, FAX : 7714 153**

**THE BRITISH COUNCIL**

**17 KOLONAKI SQ.**
**P.O. BOX 3488**
**ATHENS**
**TEL : 3692333**
**FAX : 3614658**

---

## ΕΛΛΑΔΑ - ΒΡΕΤΑΝΙΑ BRITAIN - GREECE

**ΚΟΙΝΑ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ**

**PARTNERSHIPS IN SCIENCE AND TECHNOLOGY**

**JOINT RESEARCH AND TECHNOLOGY PROGRAMMES**

**( 2001-2003)**

---

**ΤΙΤΛΟΣ ΕΡΓΟΥ : ΜΕΛΕΤΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ ΑΣΤΡΟΦΥΣΙΚΗΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗΣ ΥΛΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΠΡΩΤΗ ΥΠΕΡ-ΓΡΗΓΟΡΗ ΤΡΙΠΛΗ CCD ΚΑΜΕΡΑ (ULTRACAM) ΣΤΟ 2.3Μ ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΟ «ΑΡΙΣΤΑΡΧΟΣ»**

**PROJECT TITLE :** Variability studies of astrophysical accretion with the first ultra-fast, triple-beam CCD camera on the 2.3m ARISTARCHOS telescope

---

**ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ**
**Proposal Identification**

ΤΙΤΛΟΣ ΕΡΓΟΥ :
ΜΕΛΕΤΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ ΑΣΤΡΟΦΥΣΙΚΗΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗΣ ΥΛΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΠΡΩΤΗ ΥΠΕΡ-ΓΡΗΓΟΡΗ ΤΡΙΠΛΗ CCD ΚΑΜΕΡΑ (ULTRACAM) ΣΤΟ 2.3Μ ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΟ «ΑΡΙΣΤΑΡΧΟΣ»

TITLE OF PROJECT : Variability studies of astrophysical accretion with the first ultra-fast, triple-beam, CCD camera on the 2.3m ARISTARCHOS telescope

ΕΛΛΗΝΑΣ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ : Δρ. ΑΙΜΙΛΙΟΣ ΧΑΡΛΑΥΤΗΣ
Greek Project Leader : DR. EMILIOS HARLAFTIS

ΑΝΑΔΟΧΟΣ ΦΟΡΕΑΣ (Επωνυμία του φορέα) : ΕΘΝΙΚΟ ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΠΕΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

GREEK ORGANIZATION : (name, address, tel. and fax of the organization)

INSTITUTE OF ASTRONOMY AND ASTROPHYSICS,
NATIONAL OBSERVATORY OF ATHENS,
P. O. BOX 20048, ATHENS – 118 10, GREECE
Tel: 3 01 3490104 Fax : 3 01 3490120

BRITISH PROJECT LEADER : Dr. V. S. DHILLON

BRITISH ORGANIZATION :
(name, address, tel. and fax of the organization)
DEPARTMENT OF PHYSICS AND ASTRONOMY,
UNIVERSITY OF SHEFFIELD,
SHEFFIELD S3 7RH, UK
Tel : 00 44 114 222 4528 Fax : 00 44 114 272 8079

ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ (μέχρι 24 μήνες): 24
Duration of the project (max 24 months) : 24

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ(Α) ΠΕΔΙΟ(Α) (ιδε επόμενη σελίδα) : ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΔΙΑΣΤΗΜΙΚΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ
Scientific Field(s) (see the following page) : APPLICATIONS OF SPACE TECHNOLOGIES
(Observational Astronomy and its Instrumentation)

ΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ (ΔΡΧ) : 4,000,000
Requested Funding (in GRD) : 4,000,000

ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗΣ (ΔΡΧ) :
Contribution from private company (in GRD) :

## 1. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ (Ε.Υ.) ΤΟΥΕΡΓΟΥ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΠΛΕΥΡΑ

1.1. Ονοματεπώνυμο : Δρ. ΑΙΜΙΛΙΟΣ ΧΑΡΛΑΥΤΗΣ

1.2. Ιδιότητα - Θέση : ΕΡΕΥΝΗΤΗΣ Γ΄

1.3. Φορέας: ΕΘΝΙΚΟ ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΠΕΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

1.4. Ταχ. Διεύθυνση, Τηλ., Fax και e-mail του Ε.Υ. :

**Ινστιτούτο Αστρονομίας και Αστροφυσικής,**
**Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών,**
**Βασ. Παύλου και Ι. Μεταξά, Λόφος Κουφού, Παλαιά Πεντέλη,**
**Παλαιά Πεντέλη, Αθήνα – 152 36**
**Τηλ. : 8040619 εσωτ. 11,**
**Fax : 8040453,**
**email : ehh@astro.noa.gr**
**http://www.astro.noa.gr/~ehh**

1.5. Ποσοστό χρόνου απασχόλησης στην προτεινόμενη δραστηριότητα : 30%

1.6. Επισυνάψτε βιογραφικό σημείωμα και κατάλογο δημοσιεύσεων. (σε χωριστό παράρτημα ).

Υπογραφή Ε.Υ.

_____

## 2. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ (Ε.Υ.) ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ ΑΠΟ ΤΗΝ ΒΡΕΤΑΝΙΚΗ ΠΛΕΥΡΑ

2.1. Ονοματεπώνυμο: VIKRAM S. DHILLON

2.2. Ιδιότητα - Θέση : UNIVERSITY LECTURER

2.3. Φορέας: UNIVERSITY OF SHEFFIELD

2.4. Ταχ. Διεύθυνση, Τηλ., Fax και e-mail του Ε.Υ. :

**Department of Physics and Astronomy,**
**University of Sheffield, Sheffield S3 7RH, UK**
**Tel: 00 44 114 222 4528**
**Fax : 00 44 114 272 8079**
**email: vik.dhillon@shef.ac.uk**
**http://www.shef.ac.uk/~phys/people/vdhillon**

2.5. Ποσοστό χρόνου απασχόλησης στην προτεινόμενη δραστηριότητα : 20%

2.6. Επισυνάψτε βιογραφικό σημείωμα & κατάλογο δημοσιεύσεων (σε χωριστό παράρτημα ).

## 3. ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗΣ

(συμπληρώνεται στην περίπτωση συμμετοχής στο έργο ελληνικής επιχείρησης)

3.1 Επωνυμία και νομική μορφή της επιχείρησης:

3.2 Ταχυδρομική Διεύθυνση:

3.3 Τηλέφωνο, Φαξ:

3.4 Ονοματεπώνυμο του:

- Προέδρου Δ.Σ. :
- Διεθύνοντος Συμβούλου ή Γενικού Διευθυντή :

3.5 Οικονομικά στοιχεία της επιχείρησης *(σε εκατ. δρχ.)*

| Ετος | Σύνολο ενεργητικού | Κύκλος εργασιών | Αποτελέσματα χρήσης |
|---|---|---|---|
| 1996 | | | |
| 1997 | | | |
| 1998 | | | |

3.6 Υπεύθυνη Δήλωση, υπογεγραμμένη από τον Νόμιμο Εκπρόσωπο της Επιχείρησης:

«Ο Νόμιμος Εκπρόσωπος της Επιχείρησης δηλώνει ότι έχει λάβει γνώση της υποβολής της προτασης και ότι, εφόσον αυτή εγκριθεί, η επιχείρηση θα καλύψει το αναφερόμενο στην πρόταση ποσόν της συμμετοχής της.»

ΥΠΟΓΡΑΦΗ

---

3.7 Σύντομη περιγραφή της επιχείρησης (έτος ίδρυσης, ιστορικό, οργανωτική δομή, παραγόμενα προϊόντα/υπηρεσίες)

3.8 Ανάλυση των αναγκών της επιχείρησης που οδηγούν στην συμμετοχή της στο προτεινόμενο έργο

3.9 Τρόπος αξιοποίησης από την επιχείρηση των αποτελεσμάτων του έργου
*(*** 3.7 + 3.8 + 3.9 μέχρι 1 σελίδα συνολικά ***)*

# 4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΡΟΤΑΣΗΣ

4.1 Αντικείμενο της πρότασης και προσδοκόμενο τελικό αποτέλεσμα. Μεθοδολογία που θα χρησιμοποιηθεί. Κυριότερες φάσεις του έργου.

**Το βασικό αντικείμενο του έργου είναι να χρησιμοποιηθεί η νέα, πρωτοποριακή βρετανική κάμερα ULTRACAM στο νέο, μοντέρνο τηλεσκόπιο των 2.3μ του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, σε παρατηρησιακά προγράμματα με μεγάλη χρονική διάρκεια (ταυτόχρονα με αστρονομικούς δορυφόρους όταν αυτό απαιτείται) για να διερευνηνθεί η δυναμική εξέλιξη αστροφυσικών διαδικασιών σε δίσκους προσαύξησης, όπως το ιξώδες («flickering») και η επανεκπομπή φωτονίων ακτίνων-Χ σε οπτικά φωτόνια.**

Το μοντέρνο, αλτ-αζιμουθιακό, remote-controlled τηλεσκόπιο των 2.3μ του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών κατασκευάζεται από την εταιρία Carl Zeiss Jena GmbH και θα λειτουργήσει στην κορυφή του βουνού Χελμός μέσα στο 2001. Η ULTRACAM είναι μία νέα, πολύ γρήγορη, τριπλή κάμερα CCD με στόχο να μελετήσει μία διάσταση παρατηρήσεων που δεν έχει ερευνηθεί εκτεταμένα, αυτή της υψηλής χρονικής διακριτότητας. Αυτό το όργανο κατασκευάζεται από το Πανεπιστήμιο του Sheffield (E. Y. Dhillon) σε συνεργασία με το Πανεπιστήμιο του Southampton (E. Y. Marsh) και κατασκευαστή το Βρετανικό Astronomy Technology Centre (Διευθυντής Russell), με επιχορήγηση του PPARC ύψους 292,034 λιρών.

Η παρούσα πρόταση έχει ως στόχο να υποστηριχθεί η χρησιμοποίηση ενός τέτοιου πρωτοποριακού οργάνου το οποίο θα αναδείξει τις επιστημονικές δυνατότητες του 2.3μ τηλεσκοπίου ΑΡΙΣΤΑΡΧΟΣ μερικές από τις οποίες περιγράφουμε στη συνέχεια:

- **Echo mapping in X-ray binaries**

Η ισχυρή ακτινοβολία ακτίνων-Χ προερχόμενη από τον συμπαγή αστέρα σε διπλά συστήματα ακτίνων-Χ θερμαίνει τον δίσκο προσαύξησης ύλης και την επιφάνεια του συνοδού αστέρα. Η χρονική καθυστέρηση επανεκπομπής ακτίνων-Χ η οποία ακτινοβολείται σε διπλά συστήματα ακτίνων-Χ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να γίνει τομογραφία συστήματος η οποία με την σειρά της μπορεί να αναδείξει τις περιοχές στις οποίες οφείλεται η «ηχώ» των φωτονίων, ο δίσκος ή ο συνοδός αστέρας. Η συσχέτιση των καμπύλων μεταβλητότητας στο οπτικό και στις ακτίνες-Χ, από ταυτόχρονες παρατηρήσεις δορυφόρων ακτίνων-Χ και του ΑΡΙΣΤΑΡΧΟΥ/ULTRACAM και την υπόθεση ότι οι ακτίνες Χ παραγόμενες στον συμπαγή αστέρα εμφανίζουν ένα χρόνο καθυστέρησης για να επανεκπομπηθούν ως οπτικά φωτόνια από την ακτινοβολούμενη περιοχή (Horne 1997) θα χρησιμοποιηθούν για να μετρηθεί η απόσταση του συνοδού από τον συμπαγή αστέρα, το μέγεθος του συνοδού αστέρα, η κλίση της τροχιάς και το μέγεθος του δίσκου. Τα συστήματα προς διερεύνηση είναι τα Sco X-1 στο flaring branch (υψηλός ρυθμός μεταφοράς μάζας στον δίσκο; δες εικόνα 1 και 2 στο English text) και ένας λαμπρός νόβα ακτίνων-Χ (Harlaftis and Horne 1996; Harlaftis et al. 1997). Εμφανίζεται ένας περίπου νόβα ακτίνων-Χ κάθε 1-2 χρόνια. Ο μέτριας φωτεινότητας νόβα ακτίνων-Χ του 1996 (V=15.4 mag) , GRO 1655-40, είχε χρονική καθυστέρηση φωτονίων οπτικών και ακτίνων-Χ μεταξύ 10-20 δευτερόλεπτα που υποδεικνύει τον δίσκο ως την περιοχή μετατροπής των ακτίνων-Χ σε οπτικά φωτόνια.

- **Early monitoring of the optical afterglows of Gamma-ray bursters**

Οι πηγές ακτίνων-γ αποτελούν ένα από τα μεγαλύτερα μυστήρια της αστροφυσικής. Δύο βασικές παρατηρησιακές ενδείξεις, η ισότροπη κατανομή των πηγών και η οπτική ταυτοποίηση τουλάχιστον πέντε πηγών με ερυθρή μετατόπιση του φάσματος 1-3, φανερώνουν την εξωγαλαξιακή τους προέλευση. Η πηγή της ενέργειας της έκρηξης, ο μηχανισμός που οδηγεί στην πολλαπλή ακτινοβολία μετά την έκρηξη και η σύνθεση του πληθυσμού των πηγών παραμένουν αναπάντητα. Με την ULTRACAM θα προσπαθήσουμε να παρατηρήσουμε το «σπάσιμο» στην φωτομετρική καμπύλη του φωτός που συμβαίνει ταυτόχρονα σε όλα τα χρώματα και που παρουσιάζεται 1-2 ημέρες μετά την έκρηξη (δες εικόνα 3 στο English text). Αυτή είναι η αναμενόμενη μετατροπή από σφαιρική διαστολή του κελύφους της έκρηξης σε τζέτ (Kulkarni et al. 1999). Το μοντέλο 'fireball» θα περιοριστεί περισσότερο από παρατηρήσεις της καμπύλης φωτός σε τρία χρώματα και για μεγάλη χρονική διάρκεια (μέγιστο του φωτός, χρόνος και ρυθμός πτώσης του φωτός). Θα βρεθούν οι διάφοροι πληθυσμοί των γ-ray πηγών είτε σχετιζόμενοι με ιδιόμορφους σουπερνόβα (Galama et al. 1999) είτε με υπερνόβα (μαζικοί αστέρες σε γαλαξίες γέννησης αστέρων; Pazcynski 1998). Η γρήγορη ταυτοποίηση των πηγών (απαιτούνται 2 λεπτά για να αλλάξει στόχο το τηλεσκόπιο) ίσως είναι η πιό σημαντική πλευρά της έρευνας αυτής. Φωτομετρικές μετρήσεις της μετατόπισης στο ερυθρό μέχρι πέντε (δες προσομοίωση εικόνας 4, English text) θα αναδείξουν τις πηγές ακτίνων-γ στο high-redshift Σύμπαν και θα είναι απαραίτητες για την επακόλουθη παρατήρηση με τα μεγαλύτερα τηλεσκόπια. Μεταξύ 1997-99, από 24 πηγές ακτίνων-γ με καλές συντεταγμένες μόνο σε 10 πηγές βρέθηκε το οπτικό σήμα και μόνο μία πηγή βρέθηκε να είναι ορατή στο οπτικό για περισσότερο από ένα μήνα. Με τους νέους δορυφόρους HETE και INTEGRAL αναμένουμε να λάβουμε χρώματα με τον ΑΡΙΣΤΑΡΧΟ/ULTRACAM σε περίπου 30 πηγές από τις οποίες σε 2-3 πηγές θα παρατηρήσουμε την καμπύλη μείωσης του φωτός για ένα περίπου μήνα.

- **Εκλειπτική χαρτογράφηση δίσκων προσαύξησης ύλης**

Οι κατακλυσμιαίοι μεταβλητοί είναι τα ιδανικότερα αντικείμενα για τη μελέτη του φαινομένου της πρόσπτωσης ύλης σε ένα συμπαγές αντικείμενο, λόγω του ότι βρίσκονται σχετικά κοντά, των ταχύτατων μεταβολών που παρουσιάζουν, και του ότι η εκπεμπόμενη ακτινοβολία τους οφείλεται κατά μέγιστο ποσοστό στην πρόσπτωση της ύλης πάνω στο λευκό νάνο. Στα πλαίσια της συνεργασίας αυτής, οι παρατηρήσεις με τον ΑΡΙΣΤΑΡΧΟ/ULTRACAM αφορούν κατά κύριο λόγο το «νάνο καινοφανή» HS1804+6753 ο οποίος έχει περίοδο 5 ώρες. Το σύστημα αυτό είναι εκλειπτικό, με την έκλειψη του λευκού νάνου να διαρκεί 33 λεπτά ενώ η έκλειψη του δίσκου προσαύξησης γύρω από το λευκό νάνο να διαρκεί 90 λεπτά. Επί πλέον, παρουσιάζει εκρήξεις κάθε 2-3 εβδομάδες και έτσι είναι ιδανικό για τη συστηματική μελέτη του δίσκου προσαύξησης κατά τις διάφορες φάσεις της έκρηξης. Συγκεκριμένα, θα το παρατηρήσουμε συνεχώς για 4-5 εβδομάδες σε 3 διαφορετικά μήκη κύματος (BVR). Χρησιμοποιώντας την τεχνική της εκλειπτικής χαρτογράφησης του δίσκου προσαύξησης στα διαφορετικά μήκη κύματος θα μπορέσουμε να καθορίσουμε την κατανομή της θερμοκρασίας πάνω στο δίσκο κατά τις διάφορες φάσεις της έκρηξης (eclipse mapping technique; Horne 1985). Αυτό θα γίνει για πρώτη φορά παγκοσμίως και θα μας επιτρέψει να μελετήσουμε την εξέλιξη της δομής του δίσκου κατά την έκρηξη και έτσι να αποκομίσουμε πολύτιμες πληροφορίες για το φυσικό μηχανισμό που προκαλεί τις εκρήξεις (δες για παράδειγμα την εικόνα 5 στο Αγγλικό μέρος της πρότασης). Παράλληλα, η πολύ γρήγορη ματαβλητότητα του φωτός μέσα σε

δευτερόλεπτα (flickering) θα εξεταστεί σε τρία χρώματα ώστε να αποκωδικοποιηθεί ο συσχετισμός του flickering με τον μηχανισμό προσαύξησης (ίσως accreted blobs of matter). Επίσης άλλες περιοδικότητες από 3 έως 30 δευτερόλεπτα, όπως παλμοί περιορισμένης χρονικής διάρκειας και σταθερότητας φάσης θα εξεταστούν μέσα από την παρατήρηση των στόχων AE Aqr, TT Ari και Her X-1.

- **Άλλα προγράμματα**

Οπως μέτρηση ακριβείας τροχιακών περιόδων όπου η επιφάνεια του λευκού νάνου ορίζει την έκλειψη με ακρίβεια. Οι περίοδοι εξελίσσονται λόγω απωλειών γωνιακής στροφορμής είτε από ακτινοβολία βαρυντικών κυμάτων είτε λόγω επιβράδυνσης της περιστροφής του αστέρος από τον μαγνητικό άνεμο. Πάνω σε αυτές τις αλλαγές της περιόδου του συστήματος επικάθονται διαταραχές πού ίσως οφείλονται σε παρόμοιους κύκλους με την ηλιακή δραστηριότητα. Ο στόχος μας για την διερεύνηση αυτού του θέματος θα είναι ο NN Ser (Wood and Marsh 1991).

Περιληπτικά, τα **αναμενόμενα αποτελέσματα** θα είναι :
μεγάλης χρονικής διάρκειας και ταυτόχρονες καμπύλες φωτός στο οπτικό και ακτίνες-Χ με σκοπό την χαρτογράφηση «ηχώ» σε X-ray binaries (στόχοι είναι Sco X-1 και ένα X-ray nova που αναμένεται να ανακαλυφθεί από δορυφόρο ακτίνων-Χ),
χρώματα και καμπύλες φωτός από γ-ray bursters, και
μεγάλης χρονικής διάρκειας παρατήρηση κατακλυσμιαίων μεταβλητών με έμφαση στην κάλυψη της έκλειψης και την παρατήρηση μικρής συχνότητσς περιοδικών φαινομένων (flickering, pulses).

Η έλλειψη οργάνων στην αρχική φάση λειτουργίας του ΑΡΙΣΤΑΡΧΟΥ (εκτός μίας απλής CCD κάμερας) θα καλυφθεί προσωρινά με την λειτουργία της ULTRACAM στο τηλεσκόπιο η οποία θα δυναμώσει σημαντικά τις δυνατότητες του και θα απευθυνθεί και σε ένα πιο μεγάλο κύκλο χρηστών. Η συνεργασία αυτή με το Sheffield θα προσφέρει σημαντική εμπειρία υψηλής ποιότητας σε όργανα στο ΝΟΑ.

**Η μεθοδολογία** που θα ακολουθηθεί απεικονίζεται στις **φάσεις του έργου** που εκτίθενται στην επόμενη ενότητα και στηρίζεται στη διεθνή παρατηρησιακή μεθοδολογία. Η μεθοδολογία του παρόντος έργου ξεκινά με την υποβολή προτάσεων για χρόνο παρατήρησης, την προετοιμασία και εκτέλεση μακρών ή σύντομων χρονικά παρατηρήσεων, καθώς και την εκπαίδευση φοιτητών στο τηλεσκόπιο, όργανο και τεχνικές παρατηρήσεων. Ιδιαίτερα, η ULTRACAM θα μεταφερθεί μέσα στο 2001 στην Ελλάδα για να γίνει πρώτα ένα engineering τεστ καλής λειτουργίας με το τηλεσκόπιο. Ακολούθως θα γίνει η επεξεργασία των παρατηρησιακών δεδομένων και η πλήρης και λεπτομερής ανάλυσή τους. Στη συνέχεια θα αναπτυχθούν αντίστοιχα θεωρητικά μοντέλα και θα γίνει αναπαραγωγή εικόνων δίσκων χρησιμοποιώντας μεθόδους μέγιστης εντροπίας. Τέλος, τα αποτελέσματα θα ανακοινωθούν σε διεθνή συνέδρια και θα δημοσιευθούν σε διεθνή επιστημονικά περιοδικά.

Οι **κύριες φάσεις του έργου** έχουν ως εξής:

- Project plan το οποίο θα καθορίσει το χρονοδιάγραμμα των προτάσεων χρόνου παρατήρησης, την μεταφορά του οργάνου ULTRACAM, την προετοιμασία παρατηρήσεων, καθώς και της επεξεργασίας των παρατηρησιακών δεδομένων

- την επιτυχή δοκιμή του του οργάνου ULTRACAM πάνω στο τηλεσκόπιο μέσα στο 2001
- Δίμηνη παρατήρηση με σειρές χρωμάτων διακριτότητας ενός δευτερολέπτου εκλειπτικών κατακλυσμιαίων μεταβλητών
- Συντονισμένες ταυτόχρονες παρατηρήσεις νεοανακαλυφθέντων άστρων ακτίνων-Χ (X-ray Novae) με δορυφόρους ακτίνων-Χ και το Ελληνικό τηλεσκόπιο/ULTRACAM
- Συντονισμένες παρατηρήσεις gamma-ray bursts είτε για ταυτοποίηση πηγών στο οπτικό, είτε για παρατήρηση χρωμάτων, είτε για μηνιαία παρατήρηση
- Επεξεργασία και λεπτομερή ανάλυση των παρατηρησιακών δεδομένων από τον συνδυασμό ΑΡΙΣΤΑΡΧΟ/ULTRACAM

**References:**

Baptista, Harlaftis, Steeghs, 2000, MNRAS, 314, 727
Galama et al. 1998, Nature, 395, 670
Harlaftis and K. Horne, Echo mapping of X-ray reprocessing sites, 1996. in Abstracts of the 31st Scientific Assembly of COSPAR, University of Birmingham, 257
Harlaftis, K. Horne, R. Stathakis, R. Remillard, Fast CCD spectroscopy of black-hole transients, 1997, Anglo-Australian Observatory Newsletter, April, No. 81, 8
Horne, 1997, Astronomical Time Series, p109
Horne, 1985, MNRAS, 213, 129
Horne & Cook, 1985, MNRAS, 214, 307
Hynes, et al., 1998, MNRAS, 299, 37
Kulkarni et al. 1999, Nature, 398, 389
Paczynski, 1998, ApJ, 308, L45
Skillman & Patterson 1988, AJ, 96, 76
Wood & Marsh, 1991, ApJ, 381, 551

---

4.2 Σημερινό επίπεδο γνώσεων στις δύο χώρες και διεθνώς (Επισυνάψτε σχετική βιβλιογραφία). Τεκμηρίωση της σκοπιμότητας εκτέλεσης του προτεινόμενου έργου

Το Αστρονομικό Ινστιτούτο του Ε.Α.Α. είναι από τα βασικά παρατηρησιακά κέντρα στην Ελλάδα και σήμερα έχει το καλύτερο υπολογιστικό κέντρο και επίσης ένα μεγάλο αριθμό επιστημονικών δημοσιεύσεων ετησίως. Διαθέτει το τηλεσκόπιο των 1.2 μέτρων και το 2001 πρόκειται να εγκαταστήσει στην Ελλάδα το νέο τηλεσκόπιο των 2.3 μέτρων, ΑΡΙΣΤΑΡΧΟΣ, που κατασκευάζεται από την εταιρεία ZEISS. Στα σχέδια του Ινστιτούτου για τα αμέσως επόμενα χρόνια προβλέπεται η κατασκευή και προμήθεια παρατηρησιακού εξοπλισμού και οργάνων υπερσύγχρονης τεχνολογίας. Η προτεινόμενη συνεργασία με το Sheffield group θα βοηθήσει σημαντικά σε αυτό τον τομέα αλλά και στην αρχική διεθνή προβολή του μεγαλύτερου Ελληνικού τηλεσκοπίου το οποίο θα ενισχυθεί με ένα τέτοιο πρωτοποριακό όργανο.

**ULTRACAM** will be the first instrument of its type in the world and its features are

- High-speed read-out (standard CCD cameras take at least 1 minute). The 3 CCDs will be 2048x1024 EEV 47-20 CCD chips with San Diego State University (SDSU) controllers. Using frame transfer techniques, the dead time will be 5 msec for exposures longer than 1.73 secs.

- Simultaneous measurement of 3 colours, essential for all non-periodic variability studies and for precise colours.
- Extended wavelength coverage with the use of dichroic optical elements to split the light beam into blue, green and red light (Sloan-type filters)
- Minimum of moving parts to provide a reliable system with minimal flexure
- optimized algorithms for pipeline data reduction and real-time light curves
- Closed cycle detector technology to allow unattended operation.
- The instrument will be permanently mounted on telescope and will be ready for remote observation of transient events (X-ray transients and γ-ray bursters).

Δες επίσης την οπτική σχεδίαση του οργάνου στο αντίστοιχο μέρος της Αγγλικής πρότασης.

Το Ε.Α.Α. πρόκειται να εγκαταστήσει το μεγαλύτερο τηλεσκόπιο της Νοτιοανατολικής Ευρώπης σε υψόμετρο 2.300 μέτρα.. Το τηλεσκόπιο θα είναι ιδανικό για την μεταφορά τεχνολογίας και την ανάπτυξη υπερσύγχρονων ερευνητικών οργάνων και αναμένεται να δώσει τεράστια ώθηση στις παρατηρησιακές δραστηριότητες της αστρονομικής κοινοτήτας. Επομένως, ένας βασικός στόχος του προτεινόμενου έργου είναι να χρησιμοποιηθεί ένα πρωτοποριακό τεχνολογικά όργανο στο μοντέρνο τηλεσκόπιο ΑΡΙΣΤΑΡΧΟΣ. Οι ανταλλαγές προσωπικού θα χρησιμοποιηθούν για την εξοικείωση με τις αντίστοιχες τεχνολογίες/τεχνογνωσίες, τη χάραξη κοινών ερευνητικών προγραμμάτων, καθώς και το συντονισμό των δραστηριοτήτων σε ανάπτυξη επιστημονικών οργάνων.

*(Για βιβλιογραφία δες την περιγραφή της πρότασης).*

---

4.3 Εμπειρία της ελληνικής και βρετανικής ομάδας στο προτεινόμενο θέμα. Ερευνητικά προγράμματα που υλοποιούνται από τον Ελληνα Ε.Υ. (Διεθνή ή Εθνικά) και ύψος χρηματοδότησης. Αναφορά στην ύπαρξη ενδιαφέροντος από κάθε μία από τις δύο πλευρές για το έργο. Αιτιολόγηση της αναγκαιότητας συνεργασίας με την βρετανική ερευνητική ομάδα.

Ο **Δρ Αιμίλιος Χαρλαύτης**, Ερευνητής Γ', διετέλεσε αστρονόμος, ειδικός επί τεχνικών θεμάτων, στο Isaac Newton Group of Telescopes στα Κανάρια νησιά καθώς επίσης και υπεύθυνος τηλεσκοπίου του Isaac Newton Telescope διαμέτρου 2.5 μέτρων. Είναι συχνός παρατηρητής σε 4μετρα διεθνή τηλεσκόπια και έχει πάνω από 75 επιστημονικές δημοσιεύσεις σε διεθνή αστρονομικά περιοδικά, κυρίως σε θέματα μαύρων τρυπών και κατακλυσμιαίων διπλών άστρων. Τώρα είναι Πρόεδρος Επιτροπής Ανάπτυξης Εξοπλισμού Τηλεσκοπίου 2.3μ «ΑΡΙΣΤΑΡΧΟΣ» και Αναπληρωτής Επιστημονικός Υπεύθυνος Τηλεσκοπίου 2.3μ «ΑΡΙΣΤΑΡΧΟΣ». Είναι Ε.Υ. στο έργο «Αλληλεπιδρώντα Διπλά Άστρα» στο πλαίσιο της Ελληνο-Ισπανικής Συνεργασίας 1999-2001 (4,200,000 δρχς). Ο **Δρ Π. Χάντζιος** είναι έμπειρος παρατηρητής αλληλεπιδρώντων διπλών άστρων και ιδίως κατακλυσμιαίων ζευγών. Είναι επίσης ο Project Manager του 2.3μ τηλεσκοπίου. Ο **Δρ. Πλειώνης** ενδιαφέρεται για την ανάλυση των δεδομένων γ-Ray bursters, ιδιαίτερα όσο αναφορά το κοσμολογικό μέρος. Ο **Δρ Π. Νιάρχος** έχουν επίσης συμμετάσχει σε παρόμοια

παρατηρησιακά προγράμματα σχετικά με κατακλυσμιαίους και αστέρες ακτίνων-Χ. Ο **Δρ. Μπούμης** είναι ένας νέος επιστήμονας με εμπειρία σε όργανα,

**Dr. V. S. Dhillon** -- has worked for the ING on La Palma and the RGO in Cambridge for a total of 7 years, during which time he was a Support Astronomer, WHT Telescope Manager, GHRIL Manager and Instrument Scientist for the ISIS spectrograph, the UK Adaptive Optics Programme, WHIRCAM and the Peoples' Photometer. More recently, he was the Programme Scientist for the ING (with scientific responsibility for the ING instrument development and enhancements budget), Technical Secretary to the ING TAGs at PATT, a member of the design review panel for HROS on Gemini South, and is currently a member of the ING Instrument Working Group. **T. R. Marsh** -- was also a support astronomer at the RGO where he was responsible for the then new IPCS on the INT. Marsh has extensive experience of software development for astronomical data reduction and analysis. In particular, Marsh has developed the maximum entropy package, DOPPLER TOMOGRAPHY, and the PAMELA data reduction package, which includes his algorithm for the optimal extraction of curved spectral orders (1989, PASP, 101, 1032), now a standard part of FIGARO. Marsh has also written the MOLLY data reduction and analysis package, which has become the most essential piece of software used by binary star researchers world-wide. **K. Horne –** is one of the most distinguished astronomers in UK with major contributions in accretion physics of compacts objects and AGNs (eclipse mapping and echo mapping techniques). He has been recently involved in extra-solar planet work with the direct discovery of starlight reflected off the orbiting planet.

Η χρήση του πρωτοποριακού οργάνου ULTRACAM και η μεγάλη διαθεσιμότητα χρόνου παρατήρησης, τουλάχιστον αρχικά, στον ΑΡΙΣΤΑΡΧΟ θα ενδυναμώσει σημαντικά τη συνεργασία της Ελληνικής και Βρετανικής κοινότητας και θα επιτρέψει την επιστημονική ανάπτυξη τους ιδιαίτερα σε προγράμματα μεγάλης διάρκειας παρατήρησης εφήμερων ουράνιων γεγονότων (transient events, ie γ-ray bursters, X-ray Novae, outbursts in accretion disks). Επιπλέον, η κοινή συνεργασία θα υποστηρίξει μεσοπρόθεσμα το πρόγραμμα ανάπτυξης εξοπλισμού του ΝΟΑ με το να αποκτηθεί εμπειρία με υψηλής τεχνολογίας όργανα όπως η ULTRACAM.

---

4.4 Σύνθεση των ερευνητικών ομάδων και των δύο πλευρών : κύριος ή κύριοι ερευνητές και συνεργάτες και ποσοστό χρόνου απασχόλησης κάθε ερευνητή στην προτεινόμενη δραστηριότητα (επισυνάψτε βιογραφικά σημειώματα & καταλόγους πρόσφατων σχετικών δημοσιεύσεων σε χωριστό παράρτημα)

| | | |
|---|---|---|
| Δρ. Α. Χαρλαύτης | Ε.Α.Α. | 30% |
| Δρ. Π. Χάντζιος | Ε.Α.Α. | 20% |
| Δρ. Ε. Πλειώνης | Ε.Α.Α. | 10% |
| Δρ. Π. Νιάρχος | Πανεπιστήμιο Αθηνών | 20% |
| Δρ. Π. Μπούμης | Πανεπιστήμιο Κρήτης | 20% |

**UK group**:

| | | |
|---|---|---|
| Dr. V. S. Dhillon, | University of Sheffield | 20% |
| Mr. M. Stephenson | University of Sheffield | 20% |
| Mr. T. Thoroughgood | University of Sheffield | 20% |
| Mr. C. Watson | University of Sheffield | 10% |

| | | |
|---|---|---|
| Dr. T. R. Marsh, | University of Southampton | 20% |
| Prof. K. Horne | University of St. Andrews | 10% |

---

**4.5** Χρονοδιάγραμμα προβλεπόμενων ανταλλαγών /επισκέψεων της ελληνικής και βρετανικής ομάδας

Οι τακτικές επισκέψεις μεταξύ των μελών των δύο ομάδων είναι άκρως σημαντικές για την εκτέλεση του προγράμματος ιδίως για τις δοκιμές του οργάνου πάνω στο τηλεσκόπιο, τις παρατηρήσεις, την ανάλυση των δεδομένων και την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων. Υπολογίζουμε ότι ένα σύνολο 8 και 6 επισκέψεων, διάρκειας 2 εβδομάδων, για την Βρετανική και Ελληνική ομάδα, αντίστοιχα, είναι αρκετό για να εκπληρωθούν οι επιστημονικοί στόχοι και να ολοκληρωθεί το πρόγραμμα. Την πρώτη χρονιά του προγράμματος θα γίνουν οι δοκιμές λειτουργίας του οργάνου και του τηλεσκόπιου για να επακολουθήσουν μετά οι επισκέψεις παρατήρησης και ανάλυσης των στοιχείων.

---

4.6 Αξιοποίηση και Διάδοση των αποτελεσμάτων (Δημοσιεύσεις, Διπλ. Ευρεσιτεχνίας, Νέα Προϊόντα ή Διαδικασίες, Μεταφορά Τεχνολογίας, Εκπαίδευση Νέων Ερευνητών)

Η αξιοποίηση και διάδοση των αποτελεσμάτων του προτεινόμενου προγράμματος θα γίνει με τους ακόλουθους τρόπους:

- Μεταφορά πρωτοποριακής κάμερας στην Ελλάδα (μεταφορά τεχνολογίας)
- μεταφορά τεχνογνωσίας σε παρατηρησιακές τεχνικές, διαχείρησης μεγάλων όγκων δεδομένων και remote-control λειτουργίας (μεταφορά τεχνογνωσίας)
- Αναβάθμιση των παρατηρήσεων CCD του τηλεσκοπίου ΑΡΙΣΤΑΡΧΟΣ και ισχυροποίηση των δυνατοτήτων του τηλεσκοπίου σε διεθνές επίπεδο
- Ενίσχυση του προγράμματος ανάπτυξης εξοπλισμού του τηλεσκοπίου με προοπτικές κατασκευής παρόμοιας κάμερας δεύτερης γενιάς
- εκπαίδευση ενός νέου Ερευνητή σε μεταδιδακτορικό επίπεδο
- Δημοσιεύσεις σε διεθνή επιστημονικά περιοδικά και συνέδρια
- Εκπαίδευση φοιτητών σε παρατηρησιακές τεχνικές καθώς και σε επεξεργασία ψηφιακών εικόνων

---

## 5. ΦΑΣΕΙΣ ΤΟΥ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΥ ΕΡΓΟΥ - ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ

*(Με βάση τις φάσεις που έχουν περιγραφεί στη παράγραφο 4.1)*

| **Διάρκεια** (μήνες):<br><br>**ΦΑΣΕΙΣ** (συνοπτικά) | **6** | **12** | **18** | **24** |
|---|---|---|---|---|
| | ↔ | | | |
| | ↔ | | | |
| | | ↔ | | |
| | | | ↔ | ↔ |
| | | | ↔ | ↔ |
| ΕΚΘΕΣΕΙΣ ΠΡΟΟΔΟΥ | | ✲ | | |
| ΤΕΛΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ | | | | |

Χρησιμοποιείστε τα παρακάτω σύμβολα :

↔ Διάρκεια φάσης
✲ Υποβολή Εκθεσης Προόδου
Υποβολή Τελικής Εκθεσης

## 6. ΣΥΝΟΠΤΙΚΟΣ ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΠΛΕΥΡΑΣ

| | Συνολική Δαπάνη Εργου | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Δημόσιος Φορέας | Επιχείρηση | | |
| **Επιλέξιμες Δαπάνες** | Συμμετοχή της Γ.Γ.Ε.Τ. (100%) | Συμμετοχή της Γ.Γ.Ε.Τ. (50%) | Συμμετοχή της Επιχείρησης (50%) | **Σύνολο** |
| 6.1 Αμοιβή Νέου Ερευνητή<br><br>------- ή --------<br>6.2 Φιλοξενία Νέου Ερευνητή (για τρεις μήνες) | 1,000,000 | | | |
| 6.3 Ανταλλαγές | 2,000,000 | | | |
| 6.4 Αναλώσιμα | 100,000 | | | |
| 6.5 Δημοσιεύσεις | 100,000 | | | |
| 6.6 Εξοπλισμός | 800,000 | | | |
| **ΣΥΝΟΛΟ** | 4,000,000 | | | |

6.7 Δώστε συνοπτική περιγραφή του αιτούμενου εξοπλισμού και των αναλώσιμων:

Θα αναβαθμίσουμε τις παρατηρήσεις CCD του τηλεσκοπίου 2.3μ ΑΡΙΣΤΑΡΧΟΣ με την μεταφορά της πρωτοποριακής κάμερας ULTRACAM. Τα αναλώσιμα αφορούν έξοδα σχετικά με την σύζευξη του οργάνου στο τηλεσκόπιο και την λειτουργία του μέσα από υπολογιστές. Η αγορά ενός υπολογιστή ίσως είναι αναγκαία.

## 7. ΣΥΝΟΠΤΙΚΟΣ ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΡΕΤΑΝΙΚΗΣ ΠΛΕΥΡΑΣ

| | |
|---|---|
| Travel | 6,120 £ |
| Running costs; Consumables, Publication Costs | 5,000 £ |
| TOTAL | 11,120 £ |

## 1. PROJECT LEADER (P.L.) OF THE BRITISH GROUP

1.1 Full Name : Dr. V. S. Dhillon
1.2 Profession -Duties : University Lecturer
1.3 Affiliated Institution : University of Sheffield
1.4 Mailing Address, Tel., Fax and e-mail of the P.L. :

Department of Physics and Astronomy,
University of Sheffield, Sheffield S3 7RH, UK
Tel: 00 44 114 222 4528
Fax : 00 44 114 272 8079
email: vik.dhillon@shef.ac.uk
http://www.shef.ac.uk/~phys/people/vdhillon

1.5 Percentage of work participation in the project : 20%
1.6 Please attach C.V. and list of publications relevant to the proposed project (as a separate annex).

## 2. PROJECT LEADER (P.L.) OF THE GREEK GROUP :

2.1 Full Name : Dr. Emilios Harlaftis
2.2 Profession -Duties : Research Assistant Professor (Astrophysicist)
2.3 Affiliated Institution : National Observatory of Athens
2.4 Mailing Address, Tel., Fax and e-mail of the P.L. :

Institute of Astronomy and Astrophysics,
National Observatory of Athens,
P.O. Box 20048, Athens 118 10
Tel : 3 01 8040619 ext. 11
Fax : 3 01 8040453
Email : ehh@astro.noa.gr

2.5 Percentage of work participation in the project : 30%

2.6 Please attach C.V. and list of publications relevant to the proposed project (as a separate annex).

## 3. PARTICIPATION OF GREEK ENTERPRISE

(To be completed if a Greek enterprise participates in the proposal)

3.1 Full legal name and type of the enterprise

3.2 Mailing Address

3.3 Telephone and Fax

3.4 Full Name of the

- Chairman of the board
- Chief Executive Officer

3.5 Financial data of the enterprise (in million GRD)

| Year | Assets | Turnover | Benefit / loss |
|---|---|---|---|
| 1996 | | | |
| 1997 | | | |
| 1998 | | | |

3.6 Statement to be signed by the authorised representative of the enterprise:

«The authorised representative of the enterprise certifies that is in full knowledge and agreement with the submission of the proposal and, if the proposal is selected for funding, the enterprise will cover its relevant financial contribution»

Signature

---

3.7 Brief description of the enterprise (year of establishmemt, structure, products and/or services)

3.8 Description of the needs of the enterprise expected to be covered by its participation to the project

3.9 Description of the exploitation plan of the project results

(*** 3.7 + 3.8 + 3.9 up to 1 page in total ***)

# 4. DESCRIPTION OF THE PROJECT

## 4.1 Objectives of the project, methodology to be followed and expected results. Main workpackages of the project.

**The main objective of the project is to exploit the new modern 2.3m Greek telescope (ARISTARCHOS) and the pioneering, British, ultra-fast, triple-beam CCD camera (ULTRACAM) in long-term, observational campaigns, when appropriate simultaneously with astronomical satellites, which will explore the dynamical evolution of astrophysical processes in accretion discs, such as viscosity («flickering») and the reprocessing of X-ray photons with a high time resolution.**

The modern, alt-azimuth, 2.3-metre remote-controlled telescope, is being built by Carl Zeiss Jena GmbH (Germany), on behalf of the National Observatory of Athens, Greece and will see first light within the year 2001 at the top of mountain Helmos (2.3 km), Kalavryta, Peloponese (budget is 1,780,000,000 drahmas from EU «COHESION» funds, 31 July 1998-30 July 2001). ULTRACAM is a new ultra-fast, triple-beam camera using the latest in CCD technology to study one of the few remaining unexplored regions of observational parameter space -- high temporal resolution. The instrument is under construction by the University of Sheffield (Principal Investigator : Dr. V. S. Dhillon,) with partner the University of Southampton (Dr. T. R. Marsh) and sub-contractor the UK Astronomy Technology Centre (Director Dr. A. Russell), through a PPARC instrumentation grant (292,034 £; 1 October 1999 - 1 October 2002).

This proposal seeks support for the use of state-of-the-art instrumentation, the first of each type in the world, that will match the unique performance characteristics of the new infrastructure facility and will result in a significant upgrade of the scientific potential of the 2.3 ARISTARCHOS telescope. We now give descriptions of a few **projects** that we wish to perform with the combination of **ULTRACAM and ARISTARCHOS**.

**A. Echo tomography of X-ray Binaries**

We will echo map X-ray binaries, using correlated X-ray and optical variations to probe structure on scales of 0.1-100 light seconds (simultaneous observations of X-ray satellites and ARISTARCHOS/ULTRACAM). The new technique (Horne 1997) combines X-ray--optical time delays and binary system rotation to make 2-dimensional maps of reprocessing sites projected onto the binary orbit plane. In Low Mass X-ray Binaries the rapid X-ray variations let us probe reprocessing sites 0.01-10 light seconds from the neutron star. Moreover, rotation of the X-ray binary adds an exciting new dimension – the time-delay distributions vary with binary phase -- letting us construct 2-dimensional maps of the reprocessing sites projected onto the binary orbit plane.. The time delay $\tau$ at binary phase $\varphi$ for a reprocessing site at a distance $R$ from the X-ray source and azimuth $\theta$ is $\tau = R/c\ (1 + \sin i\ \cos(\varphi-\theta))$. Thus the binary separation $a$ and inclination $i$ are measured using reprocessed light from the companion star, whose time delay varies sinusoidally in phase with semi-amplitude $(a/c) \sin i$ around a mean value $a/c$. Our reprocessing maps should reveal the companion star's size and distance from the neutron star, the inclination of the orbit, the disc radius, the radial and azimuthal structure of the disc, possibly the gas stream from the star to the disc rim. Our targets will be Sco X-1 in the flaring branch (high mass transfer rate; see also figures 1 and 2) and one bright X-ray nova (E. T. Harlaftis and K. Horne 1996; E. T. Harlaftis et al. 1997). There is on average 1 X-ray Nova every 1-2 years and the moderate-brightness (V=15.4 mag) GRO J1655-40 black hole X-ray nova in 1996 showed a time-delay distribution between 10-20 seconds indicating reprocessing in the accretion disc (Hynes et al. 1998).

**B. Early monitoring of the Optical afterglows of Gamma-Ray Bursters**

The two major observational advances, the isotropic angular distribution of gamma-ray burst (GRB) sources and the optical identification of at least five sources (such as GRB~970228) showing spectra with redshifts 1-3 indicate an extragalactic origin for one of the last unresolved astrophysical mysteries. However, the source of the explosion energy, the mechanism leading to the multi-wavelength afterglow, and the diversity of the population remain unanswered. Multi-band, high-speed and long-term photometry with ULTRACAM can provide siginificant input on the energy scale and emission geometry of GRBs. In particular, we will search for a break in all 3 colour light curves 1-2 days after the event (Fig. 3) which signifies the change from spherical outflow to an expanding jet (as in 990123;

Kulkarni et al. 1999). The fireball model (described by total energy, density of ambient medium, power-law decay) can be constrained using multi-band, long-term light curves (maximum light, time and decay rate). The populations of GRBs will be sampled, for example hypernovae from massive stars in star-forming galaxies (Paczynski 1998) or those related to peculiar supernovae (e.g. GRB 980425; Galama et al. 1998). The long-term mounting of ULTRACAM on one of the cassegrain ports of the ARISTARCHOS telescope and the remote-control capability will enable us to switch , to a new optical source such as a γ-ray burst source within 2 minutes, according to the manufacturer. Rapid identification of events at large red-shifts can be one of the most significant roles in GRB research (probing the high-redshift universe). Photometric redshifts (because the Lyman drop is red-shifted into the optical band) up to redshift 5 (see simulation in Figure 4) will select the high-redshift sample which will be invaluable for scheduling spectroscopic follow-up with the largest telescopes. Between 1997-99, 24 GRBs were well-localized of which optical identifications were found in 10 cases and only one GRB showed an optical decline as long as one month. Thereafter, we expect that in the next 2 years with the advent of HETE (50 GRBs/year) and INTEGRAL (10-20 GRBs/year) we will be able to obtain colours with ARISTARCHOS/ULTRACAM for a sample of ~30 events and provide month-long monitoring for 2-3 events.

**C. Eclipse mapping and flickering of accretion discs**

Accretion discs are pivotal in the transport of angular momentum in a wide variety of astrophysical objects. It is through them that protostars can grow and the compact objects at the heart of many X-ray sources can be fuelled. Much of what we know about these discs has been learnt from close binary stars where the geometry and physical parameters can be measured precisely. The most informative systems are eclipsing systems in which the mass donor star (which often contributes negligibly in terms of its own light) passes between us and the disc. The light curve in eclipse can then be used to map the brightnesses and temperatures over the disc, the accretor (if visible) and the impact region between the mass transfer stream and disc (eclipse mapping; Horne 1985). The basis of this technique is to model the disc as a grid of many pixels, and then to adjust their brightnesses in order to obtain a model light curve that fits the data. Of the many possible images that fit, the smoothest (in the sense of the image of maximum entropy) is selected. This technique has produced the only observational confirmation of one of the fundamental predictions of the theory of accretion discs -- the $R^{-3/4}$ ``law" for the temperature distribution of steady-state accretion discs. The two essential requirements for such work are short exposures, of order a second or two at most, and multi-band data (3 or more) in order to distinguish one type of spectrum from another (i.e. with only 2 bands you cannot distinguish a blackbody from a star; with 3 bands you can, e.g. Horne & Cook 1985). Recently, spiral shocks were found in accretion disc maps (see Figure 5; Baptista et al. 2000) and geometrical constraints can be obtained which can lead, perhaps, to invaluable insight into the viscosity mechanism. Simultantaneous recording of 3 bands is vital because accreting systems display erratic ``flickering" (very fast variability which can go up to 0.8 mags) which cannot be reliably disentangled from colour variations in sequentially acquired data. Accreting binaries show a wide range of rapid variability at optical wavelengths. These range from ultra-coherent pulsations originating from spinning accretors (e.g. AE~Aqr, TT Ari, Her X-1), through ``dwarf nova oscillations" (periods from 3 to 30 seconds) and quasi-periodic oscillations, to the erratic flickering already mentioned. Along with these comes possible variability from the rapidly-rotating mass donor. Apart from the coherent pulsations rather little is known about the above phenomena.

**D. Other projects**

We will also explore various projects such as

- Precise measurement of orbital periods in systems in which a white dwarf is eclipsed as the sharp ingress and egress provide excellent fiducials. The orbital periods evolve due to angular momentum losses from gravitational wave radiation and the magnetic stellar wind braking that slows down single stars. On top of this there are short-term fluctuations, possibly induced by changes in the structure of one of the stars caused by solar-type cycles (e.g. Skillman & Patterson 1988). One such target on which we will attempt to disentagle the above effects will be the semi-detached eclipsing system NN~Ser (short period implies a fully-convective M dwarf; Wood & Marsh, 1991).
- Shift-and-add imaging, e.g. to obtain accurate light-curves of globular cluster X-ray sources.
- Speckle imaging, studies of atmospheric turbulence and lunar occultations.

- Follow-up on objects found in variability wide-fieldsurveys (e.g. the INT+WFC variability survey). Many of these will be faint and have very short periods.

In summary, the **expected research results** will be :

- Long term echo mapping of Sco X-1and 1-2 X-ray transients (to be discovered by X-ray satellites)
- Light curves of γ-ray bursters in the early optical afterglow
- Long-term 3-colour CCD observations of cataclysmic variables (e.g EX Dra) aimed at resolving the dynamical and viscous evolution of accretion discs («flickering» and eclipse mapping).

At first light, the ARISTARCHOS telescope will not be equipped with any instrumentation other than a standard imaging detector (Charge-Coupled Device; CCD). The addition of ULTRACAM, a state-of-the-art instrumentation to the new remote controlled telescope will significantly strengthen its capability and will appeal to a much larger user community. The current joint effort with Sheffield will support NOA's plans in gaining advanced instrumentation experience with the aim in starting its own instrumentation programme

**The methodology**, that will be followed, will be based on the work packages described in the following paragraph. The work packages involve the full portfolio of observational astronomy. First, the overview of projects described above will be formulated as **telescope time proposals**. The instrument will be first brought at the **ARISTARCHOS telescope** and an **engineering run within the year 2001** will demonstrate the feasibility of the projects. The telescope time proposals will then materialize through **long-term observing runs**. The main targets are given above (Sco X-1 and EX Dra) and there will also be targets of opportunity (X-ray Novae and γ-ray bursters). Subsequently, the on-line pipeline will deliver light curves, ready for detailed data analysis, which will involve modeling of the light curves and image reconstruction using maximum entropy methods («eclipse mapping» technique). The results will be announced in international conferences and will be published in international journals.

The **main work packages** of the project will comprise of

- A Project plan which will consist of planning the telescope proposals, the observing runs preparation, the instrument transportation and the data reduction and analysis
- An engineering run with the ULTRACAM/ARISTARCHOS set-up within 2001.
- A 2-3 month fast-speed photometry of eclipsing cataclysmic variables with the ARISTARCHOS telescope, with the aim to perform accretion disk image reconstruction using the «eclipse mapping» technique
- Target-of-opportunity observations of newly discovered X-ray transients and γ-ray bursters simultaneous to X-ray satellites,
- Data reduction of the acquired data and data analysis of the acquired data from ARISTARCHOS.

## References:


Baptista, Harlaftis, Steeghs, 2000, MNRAS, 314, 727

Galama et al. 1998, Nature, 395, 670

Harlaftis and K. Horne, Echo mapping of X-ray reprocessing sites, 1996. in Abstracts of the 31st Scientific Assembly of COSPAR, University of Birmingham, 257

Harlaftis, K. Horne, R. Stathakis, R. Remillard, Fast CCD spectroscopy of black-hole transients, 1997, Anglo-Australian Observatory Newsletter, April, No. 81, 8

Horne, 1997, Astronomical Time Series, p109

Horne, 1985, MNRAS, 213, 129

Horne & Cook, 1985, MNRAS, 214, 307

Hynes, et al., 1998, MNRAS, 299, 37

Kulkarni et al. 1999, Nature, 398, 389

Paczynski, 1998, ApJ, 308, L45

Skillman & Patterson 1988, AJ, 96, 76

Wood & Marsh, 1991, ApJ, 381, 551

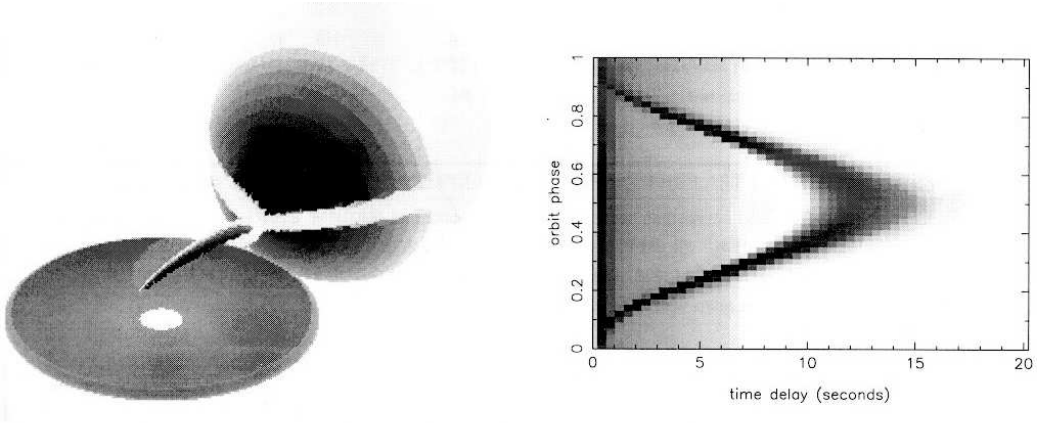



Figure 1. Left, reprocessing sites in Sco X-1 showing the regions irradiated by the X-ray source. Right, an echo-phase diagram based on Sco X-1 parameters, see text for details.

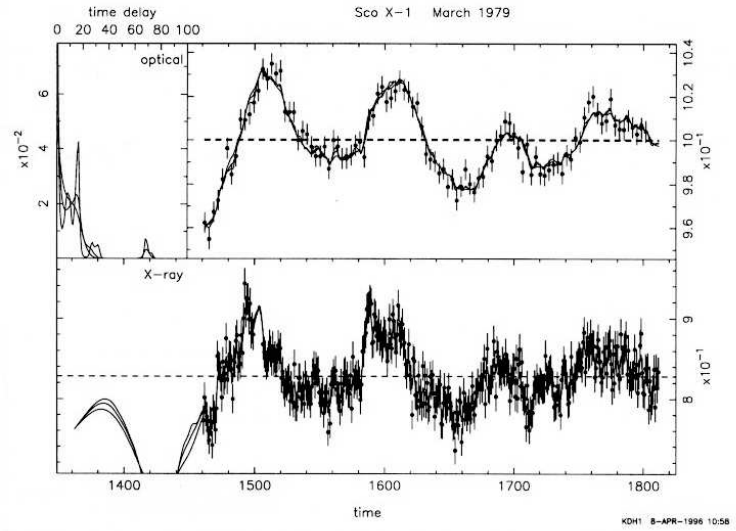



Figure 2. A re-analysis of using maximum entropy techniques of the data from Petro *et al.* (1981). The transfer function in the top-left panel clearly shows a time delay of ~20secs, consistent with reprocessing off the inner-face of the donor star.

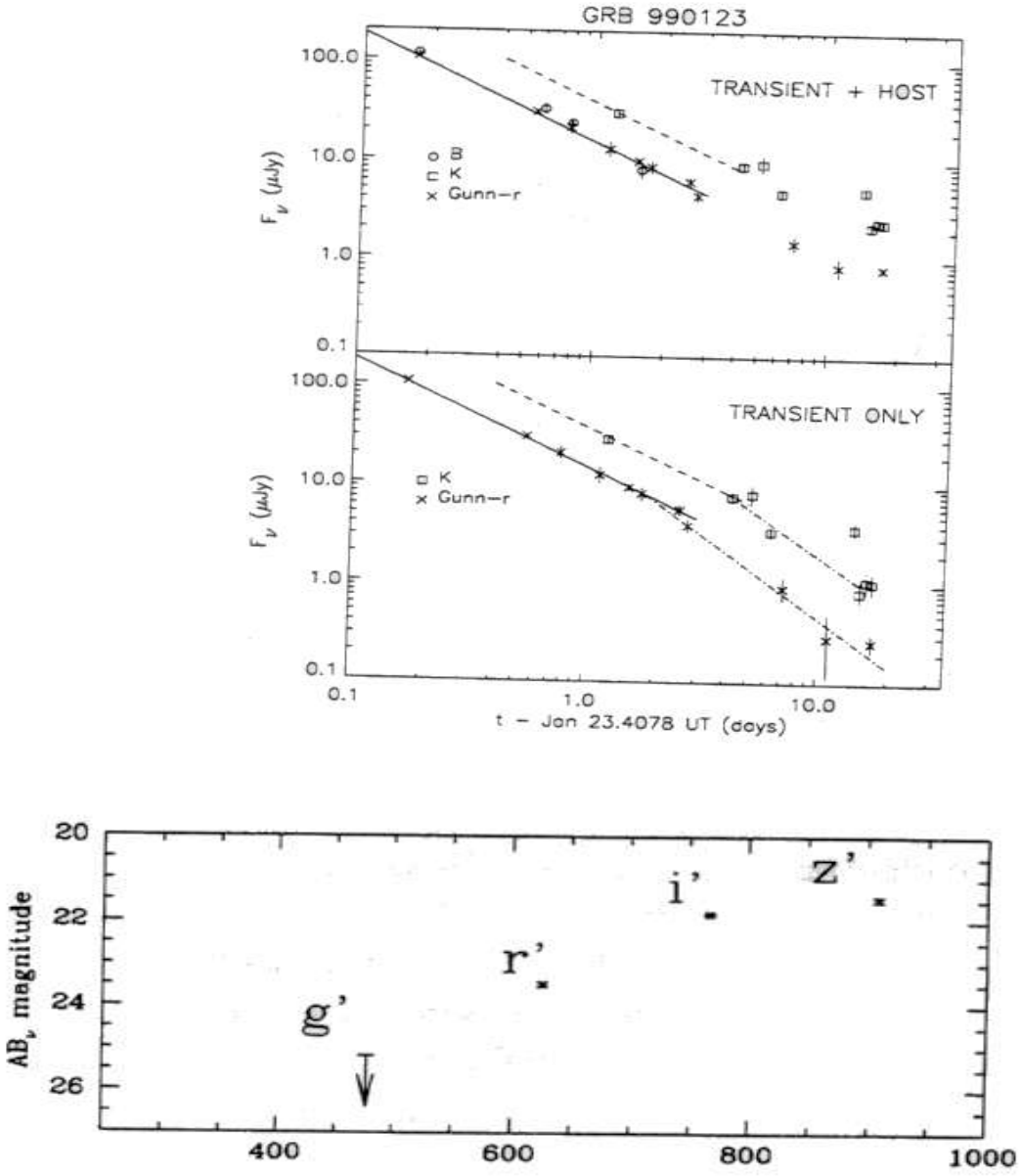



**Figure 3.** The light curve of GRB 990123 in two bands. While there is evidence for a break at a few days, the sparse sampling and lack of multi-band coverage leaves it unclear whether the break is simultaneous in different bands-the expected signal of a jet (Kulkarni et al. 1999).

**Figure 4.** Simulated 900s observation of a GRB at z = 5 with a 2m telescope. The rest-frame flux is assumed to be the same as the GRB 990123 (one of the brightest GRBs) 4 hours after the GRB event. Absorption by intergalactic hydrogen accounts for the decrement of 7, 1.8, 0.3, 0.1 magnitudes in the g′, r′, i′, z′ bands. Early photometric observation of such events would allow rapid spectroscopic follow-up. The g′, r′, i′, z′ bands are the SLOAN Digital Sky Survey bands that will be used with the ULTRACAM camera.

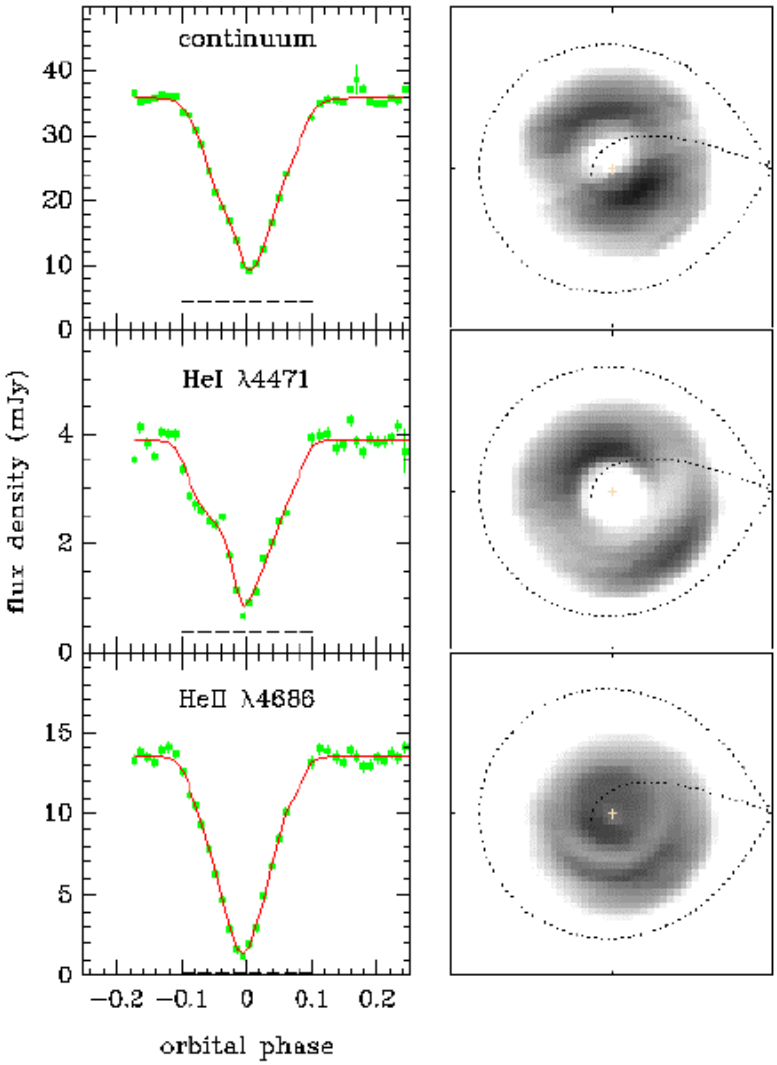


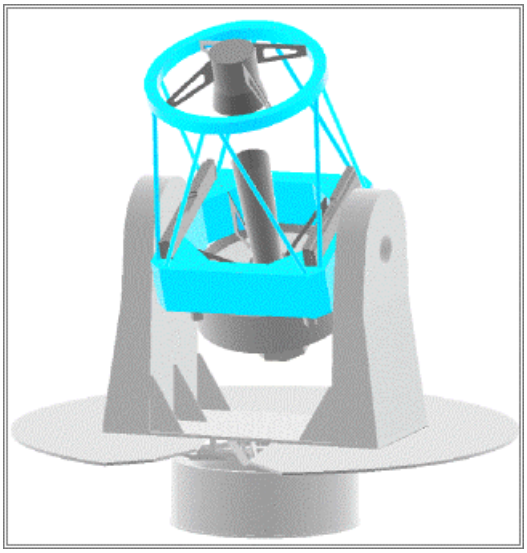

**Figure 5 :** Eclipse light curves (left) of IP Pegasi at outburst maximum for the continuum, CIII/NIII λ4650 and HeII λ4686 (obtained with the 2.5m INT at La Palma). The reconstructed accretion disc maps (right) show evidence for spiral shocks (Baptista, Harlaftis, Steeghs, 2000). Brighter regions are indicated in dark. Dotted circles mark the Roche lobe of the white dwarf and the gas stream trajectory. A higher time-resolution with ULTRACAM and ample observing time with ARISTARCHOS will constrain the geometrical properties of the spiral shocks.

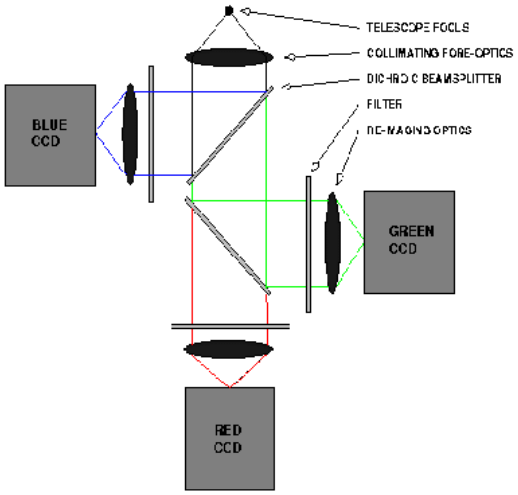
4.2 State of the art in both countries and internationally (Please provide a short list of relevant literature).

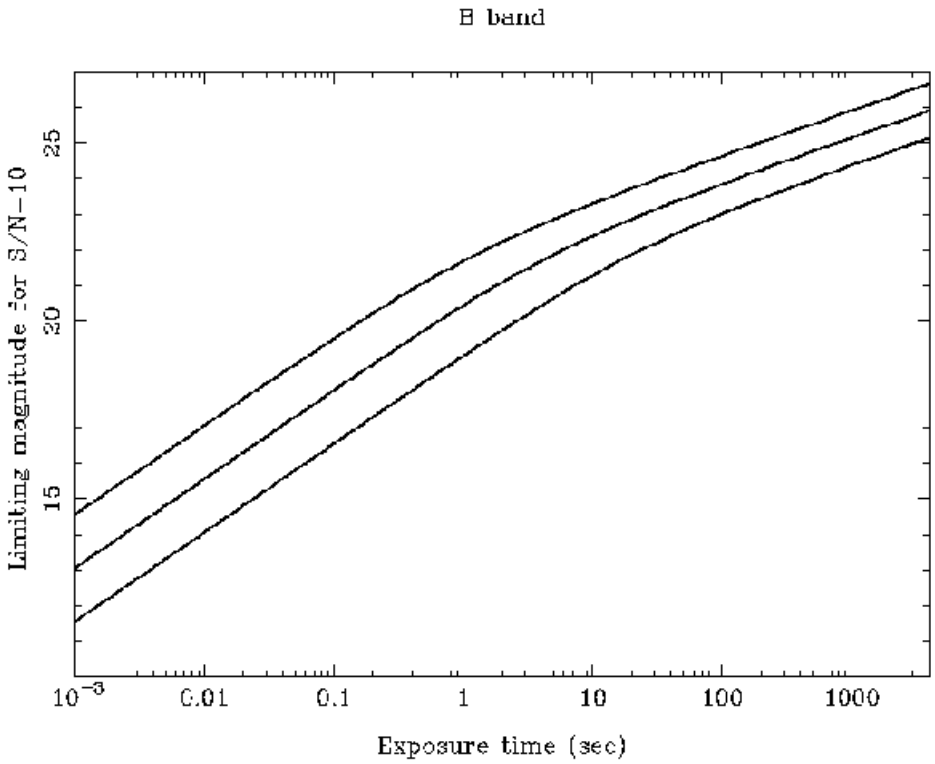
The National Observatory of Athens (NOA) is a fast developing European Institute after major restructuring over the last five years in personnel, computer and laboratory infrastructure. The Institute of Astronomy and Astrophysics (NOA) is one of the main observational groups in Greece with currently the best computer facilities and a very high number of refereed journal papers per Institute member. It is operating a 1.2 metre telescope and is constructing, with Zeiss as the contractor, a new technology 2.3 metre telescope **(ARISTARCHOS)** due to open in 2001.

**ULTRACAM** will be the first instrument of its type in the world and its features are

- High-speed read-out (standard CCD cameras take at least 1 minute). The 3 CCDs will be 2048x1024 EEV 47-20 CCD chips with San Diego State University (SDSU) controllers. Using frame transfer techniques, the dead time will be 5 msec for exposures longer than 1.73 secs.
- Simultaneous measurement of 3 colours, essential for all non-periodic variability studies and for precise colours.
- Extended wavelength coverage with the use of dichroic optical elements to split the light beam into blue, green and red light (Sloan-type filters)
- Minimum of moving parts to provide a reliable system with minimal flexure
- optimized algorithms for pipeline data reduction and real-time light curves
- Closed cycle detector technology to allow unattended operation.
- The instrument will be permanently mounted on telescope and will be ready for remote observation of transient events (X-ray transients and γ-ray bursters).






The figure above shows the limiting magnitude (filter B),for a detection at a signal-to-noise ratio of 10, as a function of exposure time for a 8-metre telescope (upper curve), a 4-metre telescope (middle curve) and a 2-metre telescope (lower curve). The figure allows us to make an informed decision on which project to pursue on the ARISTARCHOS telescope, given the scientific requirements. For example, when studying bright black-hole transients in outburst, and cataclysmic variables (which are typically 14-16 mag) timescales of a second can be suitably performed on the 2.3-m ARISTARCHOS telescope.

4.3 Experience of the British and Greek team in the proposed subject.
Reference to the mutual interest of both countries in the project Justification of the need of collaboration with the Greek research team

**Dr. Emilios Harlaftis**, Research Assistant Professor, has been a support astronomer (1991-95) at the British/Dutch Isaac Newton Group of telescopes at the Canarian Observatories and Telescope Manager for the 2.5 metre Isaac Newton telescope, 1993-1995, at the Canarian Observatories, owned and operated mainly by UK Particle Physics and Astronomy Research Council. He is a frequent observer at 4 metre international telescopes with over 24 refereed journal publications, mainly in the areas of black holes and dwarf novae. He is the chairman of the Committee of Operations and Equipment development of the 2.3m ARISTARCHOS telescope and Deputy Principal Investigator of the telescope. **Dr. P. Hantzios**, is an experienced observer of interactive binaries and in particular of cataclysmic variables. He is also the Project Manager of the 2.3m ARISTARCHOS telescope. **Prof. P. Niarchos**, have also participated in similar programmes involving cataclysmic variables and X-ray transients**. Dr. E. Plionis** is interested on the cosmological aspects of the GRB project. **Dr. Boumis** is a young post-doctoral scientist experienced with instruments and observational techniques.

**Dr. V. S. Dhillon** -- has worked for the ING on La Palma and the RGO in Cambridge for a total of 7 years, during which time he was a Support Astronomer, WHT Telescope Manager, GHRIL Manager and Instrument Scientist for the ISIS spectrograph, the UK Adaptive Optics Programme, WHIRCAM and the Peoples' Photometer. More recently, he was the Programme Scientist for the ING (with scientific responsibility for the ING instrument development and enhancements budget), Technical Secretary to the ING TAGs at PATT, a member of the design review panel for HROS on Gemini South, and is currently a member of the ING Instrument Working Group. **T. R. Marsh** -- was also a support astronomer at the RGO where he was responsible for the then new IPCS on the INT. Marsh has extensive experience of software development for astronomical data reduction and analysis. In particular, Marsh has developed the maximum entropy package, DOPPLER TOMOGRAPHY, and the PAMELA data reduction package, which includes his algorithm for the optimal extraction of curved spectral orders (1989, PASP, 101, 1032), now a standard part of FIGARO. Marsh has also written the MOLLY data reduction and analysis package, which has become the most essential piece of software used by binary star researchers world-wide. **K. Horne –** is one of the most distinguished astronomers in UK with major contributions in accretion physics of compacts objects and AGNs (eclipse mapping and echo mapping techniques). He has been recently involved in extra-solar planet work with the direct discovery of starlight reflected off the orbiting planet.
The use of the pioneering ULTRACAM instrument and the large blocks of available time, at least initially, at the ARISTARCHOS telescope on projects such as monitoring transient events (optical afterglows of γ-ray bursters) and the dynamical evolution of variable events will enforce the scientific collaboration with the Greek and British astronomical communities and foster the scientific development of both communities. The current joint effort with Sheffield will support NOA's plans in gaining advanced instrumentation experience with the aim in starting its own instrumentation programme (possibly a second-generation ULTRACAM).

**4.4 Composition of the research team of both sides : main researcher(s) and collaborators. Percentage of participation of each one in the proposed activity (attach C.Vs and lists of recent relevant publications as a separate annex)**

**Greek group**:

| | | |
|---|---|---|
| Dr. E. Harlaftis, | NOA | 30% |
| Dr. P. Hantzios | NOA | 10% |
| Dr. A. Dapergolas, | NOA | 10% |
| Dr. E. Plionis | NOA | 10% |
| Prof. P. Niarchos, | University of Athens | 10% |
| Dr. P. Boumis | University of Crete | 30% |

**UK group**:

| | | |
|---|---|---|
| Dr. V. S. Dhillon, | University of Sheffield | 20% |
| Mr. M. Stephenson | University of Sheffield | 20% |
| Mr. T. Thoroughgood | University of Sheffield | 20% |
| Mr. C. Watson | University of Sheffield | 10% |
| Dr. T. R. Marsh, | University of Southampton | 20% |
| Prof. K. Horne | University of St. Andrews | 10% |

**4.5 Expected visits by the British and Greek team and their duration.**

Regular visits among the group members of the two countries is extremely important for the project development (instrument transportation, observational runs, data reduction and analysis and discussion of results). We estimate that a total of 8 and 6 visits (of about 2 weeks each) for the British and Greek groups, respectively, over the two years are sufficient to fulfill the scientific goals and complete the project. During the first year, the first mission will be to commission instrument on the telescope (two observers) and the second to start the first science runs (two observers). Two more missions (in pairs of two observers) are planned for the second year. There will be three Greek visits of two weeks each per year.

**4.6 Dissemination and exploitation of results** (publications, patents, novel products or processes, technology transfer, new skills)

The technology transfer will be particularly beneficial to the instrumenetation programme of NOA. It is possible that a second-generation ULTRACAM may be considered for construction by the Greek side depending on the interest that the instrument will raise in the Greek observational community and the scientific capabilities that it will demonstrate during the proposed project. New skills in observational techniques, large volume data management and remote-control operations will be acquired by both sides. The joint effort will provide an advanced scientific and technological capability, an additional intellectual stimulus to the Institutes involved and offer new opportunities for many International researchers to use the ULTRACAM/ARISTARCHOS set-up. Finally, the project will broaden the scope of the research centres involved, improve the quality of the experimental techniques available, advance the technologies that underpin the operation of the research facilities of Sheffield and Athens, and result in increased numbers of users and projects. Measures of dissemination in Greece and Britain will include publicity through delivery of seminars at Institutes to advertise the effort on ULTRACAM/ARISTARCHOS and attract new users. The results from the project will be published in International refereed journals. The pioneering ultra-fast instrument, ULTRACAM, will be suitable for commercial exploitation as well as for research in the biological and medical sciences.

## 5. TIME - SCHEDULE AND WORKPACKAGES OF THE PROJECT

*(according to 4.1 paragraph)*

| **Duration** (months):<br><br>**Workpackages** | **6** | **12** | **18** | **24** |
|---|---|---|---|---|
| Project plan | ↔ | | | |
| Telescope time proposals (science projects) | ↔ | | | |
| Engineering run at ARISTARCHOS | | ↔ | | |
| Long-term science runs at ARISTARCHOS | | | ↔ | ↔ |
| 1 science run at 8 metre International telescope at Chile/Hawaii | | | ↔ | ↔ |
| Progress reports | | ✲ | | |
| FINAL REPORT | | | | |

Please use the following symbols:

↔ Duration of the workpackage
✲ Submission of Progress Report
Submission of the Final Report

## 6. BUDGET BREAKDOWN (for the British side)

| | |
|---|---|
| Description of budget item | 8 visits x 300£ (British visits)<br>6 visits x 620£ (Greek visits 2 weeks each)<br><br>2,400+3,720 = 6,120£ Requested Amount |
| Running costs; i.e. freight costs, costs of reagents, communication expences etc. | 1,500£ freight costs<br>1,000£ communications<br>1,500£ lap-top |
| Consumables (please specify) | 1,000 £ (software licenses, DAT tapes, stationery, optical elements etc) |
| Publication Costs | |
| TOTAL | 11,120 £ |

**Detailed description of budget items** ( as necessary ):

Consumables include optical elements and parts for the instrument, software licenses, stationery and computer consumables (DAT tapes). A lap-top DELL personal computer will be needed for the project. Communications include phone calls/faxes and use of remote-control line to the telescope. Freight costs of the equipment (two cubic metre crates weighing 200 kgs) from Sheffield to Athens, and vice versa, is ~1,500 pounds for 3 return trips.

**7.** If you wish, please give the names and addresses of two British referees who can provide detailed information about yourself and your research. The decision whether these persons will be approached rests entirely with The British Council, which may seek the opinion and assessment of other persons exclusively or concurrently.