

Gli stage Hippocampe: dall'esperienza dell'IREM di Marsiglia a quella dell'Università Roma Tre

Matteo Acclavio*

Luglio 2018

Sommario

L'obiettivo di questo report è presentare i laboratori didattici di matematica “Hippocampe”. Verranno descritti la struttura dei laboratori, l'esperienza dell'IREM di Marsiglia dove sono nati e, infine, gli stage svolti negli anni 2016 e 2018 presso il dipartimento di matematica dell'Università Roma Tre.

1 Introduzione

Considerando l'esplosione senza pari dello studio della matematica (e dell'informatica, che da questo sviluppo ha tratto origine) nel corso dell'ultimo secolo, i programmi di matematica delle scuole medie e del liceo risultano a dir poco anacronistici. Una grossa fetta delle competenze richieste agli studenti rischia di essere obsoleta al giorno d'oggi vista la diffusione della tecnologia, ormai onnipresente nella vita quotidiana, mentre l'insegnamento del ragionamento logico e dell'informatica occupa ancora un ruolo minore.

Questo porta l'identificazione della materia con un insieme di strumenti “ad hoc” per risolvere delle problematiche specifiche (e astratte) piuttosto che come un linguaggio per formalizzare il ragionamento. Fronte a questo problema, gli insegnanti sono spesso reticenti a includere nelle prove di valutazione le dimostrazioni o esercizi che richiedono del ragionamento teorico. L'insegnamento della matematica necessita di un nuovo equilibrio: la sola capacità di saper applicare degli algoritmi e procedure di calcolo per risolvere dei compiti specifici dovrebbe essere sempre affiancata a quella di saper decifrare o creare di nuovi algoritmi. In particolare, a fianco del ben noto problema di quella che in inglese viene chiamata *innumeracy* (incapacità di fare di conto) emerge sempre più la necessità di una “alfabetizzazione informatica” di base.

Durante il secondo dopoguerra, in differenti paesi ci furono alcuni tentativi di rinnovamento dei curricula come le “New Math” negli Stati Uniti e le “Mathématiques Modernes” in Francia con lo scopo di aumentare l'alfabetizzazione matematica e la diffusione delle scienze. Queste esperienze proponevano

*INRIA Saclay — LIX École Polytechnique

un approccio allo studio della matematica basato principalmente sul ragionamento e la dimostrazione. Lo sviluppo delle abilità di calcolo era concepito come conseguenza di queste capacità. Purtroppo queste esperienze fallirono e furono seguite da forti critiche a causa dell'eccesso di formalizzazione e dell'eccesso di argomenti astratti nei programmi.

Più recentemente, questo approccio è stato ripreso sotto forma di stage in differenti esperienze come gli stage *Hippocampe* (nati all'interno dell'IREM di Marsiglia [2]), gli stage *Math.en.Jeans* [3], gli stage *MathC2+* (organizzati dalla Fondation Sciences mathématiques de Paris e l'association Animath [1]) e *les Situations de Recherche pour la Classe* (studiate dall'equipe "Maths-à-modeler à Grenoble" [4]). Grazie alla loro forma laboratoriale, queste esperienze didattiche permettono di mostrare agli studenti una nuova forma di approccio alla materia: lo studente ha la possibilità di sviluppare le proprie conoscenze in una dinamica di ricerca scientifica assistita. Queste esperienze rappresentano dei test preziosi su come dei nuovi argomenti curricolari possano essere sviluppati per essere resi adatti all'insegnamento scolastico.

2 Cos'è uno stage Hippocampe

Gli stage Hippocampe nascono nel 2005 all'interno dell'IREM¹ (Institute de Recherche en Enseignement des Mathématiques). Questi stage nascono con l'obiettivo di evitare la disaffezione degli studenti della scuola secondaria verso le materie scientifiche e, più in generale, la diffusione della cultura scientifica. L'idea centrale degli stage Hippocampe non è di presentare dei risultati matematici a un pubblico non accademico, ma bensì di mettere lo studente in posizione di essere attore principale del processo di ricerca, al fine di permettergli di costruire le proprie conoscenze invece di apprenderle passivamente.

Ogni stage prevede di accogliere una classe (20-30 studenti) delle scuole superiori per tre giorni consecutivi all'interno dell'università per un avviamento alla ricerca in matematica. Dopo la presentazione di alcuni temi di ricerca con relative domande aperte, gli studenti vengono indirizzati ad elaborare le proprie risposte sulle tematiche presentate lavorando in piccoli gruppi, discutendo e confrontando i risultati sperimentali sotto la guida di un piccolo team di supervisori. Al termine dei tre giorni gli studenti esporranno dei poster contenenti i risultati trovati ad un pubblico docenti, studenti e ricercatori del dipartimento ospitante.

2.1 Obiettivi pedagogici

Gli studenti coinvolti in uno stage Hippocampe si trovano per la prima volta di fronte ad un metodo differente per lo studio della matematica. Essi diventano partecipi del processo di produzione delle conoscenze dovendo costruire il formalismo necessario ad esprimere sia il problema che la soluzione. Il processo di comprensione degli argomenti avviene di pari passo alla ricerca facendo sì che il

¹<http://www.univ-irem.fr/>

risultato finale venga sentito come proprio piuttosto che una verità tramandata da un agente intermediario.

Ogni stage quindi si propone di permettere allo studente di sviluppare le seguenti capacità:

- Avviare una ricerca in maniera autonoma;
- Sviluppare nuovi metodi di studio per comprendere nuove nozioni;
- Avere un approccio critico verso i propri risultati ottenuti;
- Saper comunicare, in forma scritta e orale le proprie scoperte.

Inoltre, il laboratorio permette agli studenti di immergersi nell'ambiente universitario in un contesto differente dalle giornate "porte aperte": gli studenti non sono dei semplici visitatori sono parte degli studenti del dipartimento.

2.2 Il ruolo dei supervisori

Il supervisore ricopre il ruolo di guida alla ricerca durante tutto lo stage suggerendo ai gruppi tramite domande le direzioni da percorrere e mettendo alla prova la reale comprensione e consistenza delle scoperte. Il supervisore rappresenta uno strumento di verifica e di stimolo per le scoperte degli studenti proponendo domande che aiutino a comprendere l'argomento, ed evitino che gli studenti cadano in errore o che si dirigano troppo lontani dall'argomento scelto.

Lo stage non prevede nessuna forma di didattica frontale. Il ruolo del supervisore è stimolare gli studenti senza forzarli a percorrere ragionamenti prestabiliti e lasciando loro la completa libertà anche di cadere in errore; la comprensione della causa dell'errore e la sua correzione rientra nel processo di apprendimento. Alla fine dello stage, lo studente avrà quindi elaborato il suo metodo di comprensione che potrà essere poi applicato allo studio della matematica e delle materie scientifiche in generale.

2.3 L'esperienza dell'IREM di Marsiglia

Inizialmente nato come progetto all'interno del dipartimento di biologia, il primo stage Hippocampe di matematica ha avuto luogo all'IREM di Aix-Marseille nel 2005 con un numero sempre crescente di stage ogni anno. Attualmente il laboratorio Pythéas dell'IREM propone una quindicina di stage l'anno. Tra i partner del laboratorio figurano la facoltà di scienze dell'Aix-Marseille Université e l'Institut de Mathématiques de Marseille (I2M) dal quale provengono la maggior parte dei supervisori che prendono parte agli stage. Un altro partner è il CIRM (Centre International de Rencontres Mathématiques) che saltuariamente accoglie le sessioni di presentazioni dei poster durante le conferenze coinvolgendo ricercatori esterni provenienti altre università e permettendo agli studenti di interagire con professori e ricercatori stranieri.

Dal 2006 inoltre alcuni stage sono stati proposti anche a scuole primarie e all'*École de la Deuxième Chance de Marseille*, scuola destinata al recupero

dei giovani tra i 18 e i 25 anni usciti dal sistema scolastico senza diploma o qualificazione.

Dall'esperienza dell'IREM di Marsiglia, il modello di stage Hippocampe si è diffuso in Francia e, ad ora, degli stage vengono inoltre organizzati dell'IREM di Brest (dal 2007), di Lione (dal 2009), Toulouse e Nizza (dal 2011). Dal 2016 per la prima volta in Italia (e fuori dalla Francia) si sono svolti due stage Hippocampe presso l'Università Roma Tre.

3 Come si svolge uno stage Hippocampe

Ciascuno stage proposto dall'IREM di Marsiglia coinvolge un gruppo di supervisor tra cui un responsabile che sceglie una tematica comune per i differenti direzioni di ricerca. Solitamente questi ruoli vengono ricoperti da docenti, ricercatori o dottorandi ma anche studenti coinvolti in percorsi di studio destinati alla didattica.

Nella prima parte dello stage si accolgono gli studenti dei college o lycée² nel laboratorio e, dopo una presentazione del laboratorio, della facoltà e dell'università, viene illustrato dal responsabile dello stage il tema di ricerca. Durante questa presentazione vengono indicati alcuni problemi specifici o delle possibili piste di ricerca da intraprendere. A titolo di esempio, alcune tracce proposte sono state: “Graphes et géométrie”, “Maths à la carte”, “Des jeux, des mathématiques et quelques danses” o “Fractals” (per una lista completa e aggiornata dei temi degli stage, consultare la pagina <https://hippocampe.irem.univ-mrs.fr/Planning>).

Successivamente gli studenti si dividono in gruppi di tre o quattro elementi³. Ciascun supervisore accompagna generalmente due gruppi fornendo stimoli per riflessioni e discussioni.

Ogni gruppo quindi segue una sua pista di ricerca, che può essere prestabilita o meno. Il primo compito per gli studenti è di “prendere confidenza” con il problema posto, capire il contesto da prendere in esame e identificare i punti di interesse. Durante questa fase emerge il primo fondamentale problema della ricerca: identificare (e definire) degli oggetti matematici necessari.

Durante il lavoro di ricerca gli studenti formulano le loro congetture, eseguono test e mettono alla prova le proprie teorie. Spesso ci si ritrova fronte ad errori, ipotesi sbagliate, deduzioni non corrette e questo fornisce l'occasione di scoprire il carattere non-lineare della ricerca che spesso, durante le lezioni frontali, non si ha tempo di scoprire.

Inoltre, la necessità degli studenti di dover definire il proprio formalismo li porta a rivalutare l'importanza del formalismo: dare una definizione corretta e precisa o di scrivere un enunciato in modo coerente e comprensibile. Nel corso

²Per gli studenti italiani, la fascia di età è quella corrispondente alle scuole secondarie superiori.

³L'esperienza insegna che gruppi più piccoli rischiano di non avere abbastanza stimoli mentre gruppi più numerosi sono predisposti a distrazioni.

dei due giorni successivi il lavoro di ricerca si affianca sempre più con quello di formalizzazione.

In particolare, nel pomeriggio del secondo giorno i gruppi espongono agli altri studenti il lavoro svolto sotto forma di piccole presentazioni. In questa occasione viene messa alla prova la comprensibilità dei risultati da parte di un pubblico che non ha lavorato sull'argomento. Spesso in questa fase gli studenti realizzano la poca chiarezza di alcune definizioni o argomentazioni e vengono forniti loro stimoli per migliorare la presentazione dei risultati.

Il terzo giorno è dedicato alla produzione dei poster e la loro presentazione. I poster sono concepiti sia per dare una visione d'insieme del problema e delle soluzioni trovate, sia come supporto necessario per una spiegazione degli studenti. Durante la sessione poster sono coinvolti studenti, ricercatori e insegnanti del dipartimento che vengono a scoprire i risultati delle ricerche degli studenti facendo domande, precisando alcuni concetti, discutendo di congetture o possibili altre piste da seguire.

Gli studenti accolti all'IREM hanno a disposizione tre sale, un laboratorio informatico per ricercare eventuali immagini per i poster e i materiali necessari per la preparazione dei poster stessi. Alcuni dei poster prodotti dagli stage sono disponibili sul sito internet del laboratorio Pythéas <http://pytheas.irem.univ-mrs.fr/hippocampe/>.

Gli insegnanti delle classi sono generalmente presenti durante gli stage ma non partecipano alla supervisione degli studenti.

4 Gli stage presso l'Università Roma Tre

I primi stage presso l'Università Roma Tre sono stati effettuati nel 2016 su iniziativa personale dell'autore⁴ accolta con entusiasmo dall'IREM di Marsiglia e realizzati grazie alla disponibilità del Prof. Andrea Bruno (allora responsabile del *Progetto Lauree Scientifiche* del dipartimento) nel coordinare i rapporti con il dipartimento. Le classi per questa sperimentazione sono state contattate tramite canali di conoscenze personali con i docenti delle classi coinvolte.

Nel 2018 si sono svolti altri due stage, questa volta coordinate grazie al Prof. Luca Biasco (responsabile *Progetto Lauree Scientifiche*) e al Prof. Roberto Maieli (responsabile *Alternanza Scuola Lavoro*), con studenti contattati tramite i canali legati all'alternanza scuola-lavoro dell'Università Roma Tre.

La struttura degli stage è stata mantenuta quasi invariata tranne la scelta di anticipare la presentazione dei poster alla mattina del terzo giorno.

A titolo di esempio segue la lista dei temi degli stage svolti e delle tracce sviluppate.

Stage Hippocampe: “L'infinito” (Febbraio 2016)

Agli studenti della 5^a C del Liceo Classico Montale di Roma è stato proposto come tema dello stage “L'infinito”. Questo stage ha voluto esplorare differenti

⁴Allora ATER presso l'Aix-Marseille Université.

aspetti del concetto di infinito e il loro uso in matematica.

Sono state svolte le seguenti tracce:

- I paradossi di Zenone: è vero che Achille non raggiungerà mai la tartaruga?

[Studio della convergenza delle serie geometriche partendo dal problema della dicotomia];

- La scoperta della prospettiva nell'arte: quando si disegna in prospettiva le rette parallele non orizzontali si incontrano in un punto detto fuoco.

[Qualche osservazione sulla geometria proiettiva];

- Dimostrazioni costruttive e non costruttive: a Roma ci sono almeno 2 persone con lo stesso numero di capelli e si può dimostrare senza contare i capelli di ogni persona. I numeri trascendenti sono numeri che non sono radice di nessun polinomio a coefficienti interi. Come possiamo provare che esistono?

[Utilizzando la diagonale di Cantor dimostrare che i polinomi a coefficienti interi sono numerabili];

- L'hotel di Hilbert: come accomodare nuovi ospiti in un hotel pieno ma con un numero infinito di camere?

[Dimostrare che c'è sempre posto per un'infinità numerabile di ospiti, ma non per un infinito continuo];

- Successione di Goodstein: la serie di Goodstein $G(n) = \{g(i, n)\}$ si costruisce a partire da un intero n nel modo seguente:

– $g(1, n) = n$

– $g(k, n)$ è il numero che si ottiene sostituendo il numero k con il numero $k + 1$ nella scrittura ereditaria in base k di $g(k - 1, n)$ e sottraendo 1

– se $g(k, n) = 0$ allora $g(n, k + 1) = 0$

La successione tende a 0 per i valori 2 e 3. È vero che tende a 0 per ogni numero naturale?

[La dimostrazione richiede l'introduzione della nozione di numero ordinale, le operazioni e l'ordine sugli ordinali]

Le foto dei poster sono disponibili sulla pagina web: <http://matteoacclavio.com/ProgettoHippocampe/HippoInf16.html>.

Stage Hippocampe: “Poligoni e Poliedri” (Aprile 2016)

Agli studenti della 3^a C del Liceo Scientifico Enriques di Ostia è stato proposto come tema dello stage “Poligoni e Poliedri”. In questo stage sono state studiate alcune proprietà combinatorie e geometriche dei poligoni e dei poliedri.

Sono state svolte le seguenti tracce:

- La forma della mattonelle: se si vuole fare un pavimento con un unico tipo di mattonelle, quali forme possono essere scelte?
[I poligoni che tassellano il piano e come ottenere nuove forme tramite il metodo del disegno minimo];
- La moneta e il tombino: perché i tombini stradali e le monete sono rotondi? quali proprietà ha questa forma? ne esistono altre con le stesse proprietà?
[Figure a diametro costante e come costruire una figura a diametro costante partendo da un poligono qualsiasi];
- Da 2D a 3D: Come progettare un cartamodello per un vestito? Come tagliare del cartone per costruire del packaging con una forma desiderata? Quanti modi ci sono per ritagliare lo stesso poliedro?
[Studio degli sviluppi piani dei poliedri e loro enumerazione: piramide, cubo e congetture su poliedri convessi qualunque];
- Grafo poliedrico: Proiettando lo scheletro di un poliedro si può disegnare, un grafo. Come è fatto questo grafo? Quali proprietà ha? E partendo da un grafo qualunque, è possibile ricostruire lo scheletro di un poliedro di cui ne è ombra?
[L'ombra di un poliedro è un grafo planare 3-vertex-connesso];
- Solidi Platonici: i solidi platonici prendono il nome da Platone che ne parla nel Timeo, ma furono già scoperti dai pitagorici. Sono 5: tetraedro, cubo, ottaedro, dodecaedro e icosaedro. Hanno facce uguali fatte da poligoni regolari. Quali sono le loro caratteristiche? Ne esistono altri? Perché?
[Ricerca la dimostrazione della non esistenza di altri poliedri regolari utilizzando la formula di Eulero $V + S + F = 2$ o il metodo utilizzato da Euclide];

Le foto dei poster sono disponibili sulla pagina web: <http://matteoacclavio.com/ProgettoHippocampe/HippoPol16.html>

Stage Hippocampe: “Biliardi matematici” (Gennaio 2018)

Agli studenti della 3^a A e 3^a C del Istituto di Istruzione Superiore Statale Alberti di Roma è stato proposto come tema dello stage “Biliardi matematici”.

All’inizio dello stage è stato studiato il problema di come trovare un cammino minimo tra due contenuti in un semipiano che sia incidente alla retta che delimita il semipiano stesso. Dallo studio del problema si è introdotto il concetto di traiettoria e la regola per studiare le traiettorie riflesse in uno specchio o in un biliardo “angolo incidente = angolo di riflessione”

- Il biliardo quadrato: fissato un punto per la palla e un secondo punto di arrivo, come posso determinare dove far rimbalzare la palla al fine di fare un certo numero di sponde prima raggiungere il punto di arrivo?

[Studio delle traiettorie del biliardo nel piano utilizzando il metodo delle riflessioni]

- Il biliardo ellittico: come sono fatte le traiettorie in un triangolo ellittico? se si mette una buca in uno dei due fuochi, dove deve rimbalzare la palla per andare in buca?

[Ogni traiettoria che passa per un fuoco passa per il secondo, le traiettorie esterne ai fuochi restano esterne disegnando un'ellisse mentre quelle interne restano interne disegnano un'iperbole]

- Il biliardo circolare: come sono fatte le traiettorie in un biliardo circolare? Se si mette una buca nel centro del cerchio, è possibile mandare la pallina in buca dopo un numero prestabilito di sponde?

[Qualsiasi sponda con un angolo di incidenza minore di un angolo retto determinano una traiettoria che non passa per nessun punto di un cerchio concentrico definito dall'angolo di incidenza. È possibile al più una sponda prima di andare in buca con una traiettoria che descrive un angolo retto con il bordo del tavolo];

- Il biliardo quadrato esterno: il biliardo quadrato esterno è definito mettendo un quadrato sul piano e definendo la regola del rimbalzo sugli spigoli prolungando la traiettoria di una lunghezza pari a quella tra il punto di partenza e lo spigolo stesso. Come sono fatte le traiettorie?

[Studio del reticolo delle traiettorie “impossibili” e il periodo di una traiettoria con punto di partenza un punto qualsiasi all'interno del reticolo]

Le foto dei poster sono disponibili sulla pagina web: <http://matteoacclavio.com/ProgettoHippocampe/HippoBil18.html>

Stage Hippocampe: “Automi, linguaggi e modelli di calcolo” (Febbraio 2018)

Questo stage sul tema “Automi, linguaggi e modelli di calcolo” è stato condotto con studenti provenienti da differenti scuole: il Liceo Meucci di Anzio, il Liceo classico Plauto di Roma e il Liceo scientifico Enriques di Ostia. Nello stage sono stati studiati differenti modelli di calcolo, alcune loro proprietà elementari e delle classificazioni.

- Automi a stati finiti: come funziona un distributore automatico? come risolvere il problema dei tre ascensori?

[Definizione di automi a stati finiti, utilizzo degli automi per riconoscere linguaggi, automi con pila, automi con memoria lineare]

- Le grammatiche formali: definizione di linguaggio secondo Chomsky. È possibile dando delle restrizioni sulle regole di produzione generare dei linguaggi assegnati?

[Gerarchia di Chomsky, costruzione di linguaggi di I, II, e III tipo]

- Macchine a registri: come codificare la somma di due interi in una macchina a registri? e la moltiplicazione? possiamo ridurre il numero di registri?

[Costruzione di una macchina per somma, moltiplicazione, moltiplicazione per un intero fissato, codifica di una macchina qualsiasi con una macchina a 3 registri]

- Problemi della fermata: è possibile finire il MIU puzzle? È possibile vincere l'Hydra game?

[Concetti di invarianti e ordine di terminazione]

- Automi cellulari: con quali condizioni iniziali un automa è stabile o si stabilizza?

[Studio di automi unidimensionali e bidimensionali e definizione di automi stabili o che si stabilizzano dopo un numero stabilito di stati]

Le foto dei poster sono disponibili sulla pagina web: <http://matteoacclavio.com/ProgettoHippocampe/HippoLin18.html>

5 Conclusioni ed osservazioni personali sugli stage svolti a Roma

Gli stage Hippocampe rappresentano un'innovazione pedagogica sotto molti aspetti. Primo tra questi, lo studente scopre l'importanza del capire un problema, ossia descriverlo e analizzarlo in modo formale, prima di cercare la soluzione. Questo processo valorizza e aiuta lo studente a assimilare della soluzione finale trovata. Gli errori che (solitamente) sono commessi durante il processo di ricerca perdono la loro accezione negativa e anzi concorrono a rafforzare la soluzione finale, fornendo allo studente gli strumenti per argomentare le proprie scelte.

Inoltre, durante lo stage lo studente si scopre protagonista della costruzione del proprio sapere. Questa rivoluzione copernicana nel processo di apprendimento risveglia la curiosità e fa scoprire allo studente un aspetto nuovo dello studio, attivo e finalizzato alla scoperta.

Una fase dello stage che svolge un ruolo pedagogico molto importante è la presentazione del proprio lavoro agli altri gruppi. In questa breve esposizione, lo studente si trova di fronte alla necessità di comunicare idee nuove, che per questo deve formalizzare nel modo più chiaro possibile. La grande differenza rispetto una regolare interrogazione scolastica è che non si può dare per scontata nessuna conoscenza dell'interlocutore. Tutti i dettagli devono essere analizzati ed esposti al fine di permettere al pubblico di seguire; in questa fase, lo studente diventa insegnante e realizza⁵ che trasmette le proprie scoperte si rivela spesso un compito più difficile di quanto sembri.

⁵Diversi studenti hanno raccontato questa esperienza.

Durante la presentazioni dei poster che chiude l'esperienza del laboratorio, l'inversione dei ruoli docente/studente raggiunge il suo apice con l'interazione con i docenti, ricercatori e studenti universitari del dipartimento ospitante.

In questa fase si osserva lo sforzo da parte degli studenti di ottimizzare le proprie capacità comunicative facendo molta attenzione al formalismo sviluppato per interagire con gli esperti della materia. La consapevolezza di avere maturato capacità sufficienti per esporre risultati a professori e ricercatori nonché rispondere alle loro domande risulta molto positiva per lo studente (anche psicologicamente).

Inoltre, pur restando in una dinamica di apprendimento, lo studente esce dall'usuale modello quotidiano. Alcuni professori delle classi partecipanti agli stage si sono meravigliati della partecipazione di alcuni studenti solitamente disinteressati alla materia. Similmente, tutti i professori sono stati positivamente sorpresi della capacità degli studenti di dedicarsi ai propri temi per i tre giorni dello stage⁶.

Infine, nei giorni dello stage lo studente si trova a vivere l'università da fruitore e non da visitatore (come accade nelle giornate "porte aperte"). Questo porta a una scoperta attiva dell'università, ad interazioni spontanee con gli studenti universitari e numerose piccole domande ai supervisori riguardo la vita universitaria e la ricerca.

I professori, ricercatori e studenti del dipartimento di hanno sempre manifestato interesse durante le sessioni poster, per motivi non solo pedagogici ma anche scientifici. Solitamente i poster che riscuotono più successo sono quelli legati a problemi conosciuti per la loro "difficoltà" o quelli che presentano problemi aperte o congetture formulate dagli studenti.

I feedback degli insegnanti delle classi sono stati sempre molto positivi dal punto di vista didattico, disciplinare e pedagogico. Inoltre ci hanno riportato una quasi totalità di feedback positivi dai "diari di bordo" degli studenti coinvolti.

Ringraziamenti

Un ringraziamento speciale al dipartimento di matematica di Roma Tre per la disponibilità ed in particolare al professor Andrea Bruno per aver sostenuto e resi possibili i primi stage ancora sconosciuti, professor Luca Biasco per averla rinnovata e al professor Roberto Maieli per aver reso possibile integrarli nell'offerta di alternanza scuola lavoro del dipartimento. Un ringraziamento anche all'IREM di Marseille per l'entusiasmo e il sostegno manifestato per l'iniziativa ed in particolare al professor Lionel Vaux. Infine un ringranziamento alle professoressa Orietta Proietti, Susanna Castagneris e Daniela Corinaldesi per aver avuto fiducia nel progetto e aver proposto le proprie classi per partecipare in via sperimentale ai primi stage.

⁶L'equivalente delle ore di uno stage sono normalmente svolte in circa un mese di regolare attività didattica (in matematica) in classe.

Riferimenti bibliografici

- [1] Martin Andler. Activités mathématiques péri-scolaires: stages mathc2+, concours de projets scientifiques. *Gazette des Mathématiciens*, (129):140–143, 2011.
- [2] Pierre ARNOUX and Lionel VAUX. Recherche en mathématiques pour les élèves du secondaire: L'exemple des stages hippocampe. In *Enseignement des mathématiques et contrat social: enjeux et défis pour le 21e siècle-Actes du colloque EMF2012(GT10, pp. 1282-1294)*, <http://www.emf2012.unige.ch/images/stories/pdf/Actes-EMF2012/Actes-EMF2012-GT10/GT10-pdf/EMF2012GT10ARNOUX.pdf>, consulté le, volume 20, 2015.
- [3] Pierre Audin and Pierre Duchet. La recherche à l'école: Math. en. jeans. *Séminaire de Didactique des Mathématiques et de l'Informatique*, 121, 1992.
- [4] Denise Grenier. Changer le rapport des élèves aux mathématiques en intégrant l'activité de recherche dans les classes. *Actes du séminaire national de didactique des mathématiques*, pages 161–178, 2009.