



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Departament d'Arquitectura de Computadors

Tema 7

Memòria Virtual

Estructura de Computadors (EC)

2023 - 2024 Q2

Adrià Armejach (adria.armejach@upc.edu)

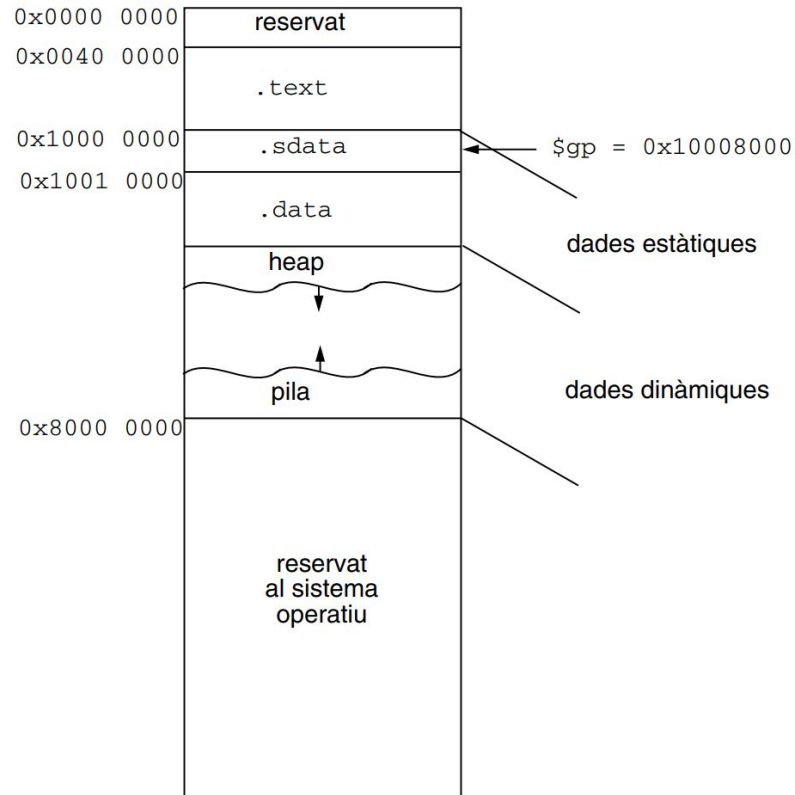




Introducció



Estructura de la memòria



Problemes amb el sistema de memòria

- Com podem suportar **múltiples programes** de manera **simultània**?
 - Compilació, Assemblatge i Enllaçat assignen adreces de memòria absolutes a instruccions i dades
 - S'hauran de reubicar les dades en temps d'execució per evitar conflictes
 - S'ha d'evitar que un programa accedeixi a les dades d'altres programes

Problemes amb el sistema de memòria

- Com podem suportar **múltiples programes** de manera **simultània**?
 - Compilació, Assemblatge i Enllaçat assignen adreces de memòria absolutes a instruccions i dades
 - S'hauran de reubicar les dades en temps d'execució per evitar conflictes
 - S'ha d'evitar que un programa accedeixi a les dades d'altres programes
- Què passa si el conjunt de dades supera la grandària de la memòria física del computador?
 - Afegir un altre nivell a la jerarquia de memòria: el disc dur
 - S'han de moure dades entre la memòria principal i el disc dur

Solució: Memòria Virtual

- Permet que la memòria d'un processador sigui compartida per múltiples programes
 - Reubica dades mitjançant un sistema de traducció d'adreces
 - Mecanismes de protecció i compartició de dades entre programes

Solució: Memòria Virtual

- Permet que la memòria de un processador sigui compartida per múltiples programes
 - Reubica dades mitjançant un sistema de traducció d'adreces
 - Mecanismes de protecció i compartició de dades entre programes
- Permet excedir la capacitat de la memòria principal
 - Utilitzant el disc dur com un nivell més de la jerarquia de memòria

Solució: Memòria Virtual

- Permet que la memòria de un processador sigui compartida per múltiples programes
 - Reubica dades mitjançant un sistema de traducció d'adreces
 - Mecanismes de protecció i compartició de dades entre programes
- Permet excedir la capacitat de la memòria principal
 - Utilitzant el disc dur com un nivell més de la jerarquia de memòria
- Implementat per el Sistema Operatiu
 - Suport hardware per memòria virtual
 - Transparent per al programador

Espai d'adreçament lògic i espai d'adreçament físic

- Adreces lògiques (virtuals)
 - Els programes utilitzen l'espai d'adreçament lògic o virtual
 - Exclusiu de cada programa
 - Cada programa té el seu espai d'adreçament lògic
 - Proporciona aïllament entre programes

Espai d'adreçament lògic i espai d'adreçament físic

- Adreces lògiques (virtuals)
 - Els programes utilitzen l'espai d'adreçament lògic o virtual
 - Exclusiu de cada programa
 - Cada programa té el seu espai d'adreçament lògic
 - Proporciona aïllament entre programes
- Adreces físiques
 - Adreces reals de la memòria física
 - Durant l'execució d'un programa, les seves dades i instruccions s'emmagatzemen a la memòria física
 - Existeix un mecanisme per traduir adreces lògiques a adreces físiques

Memòria Virtual

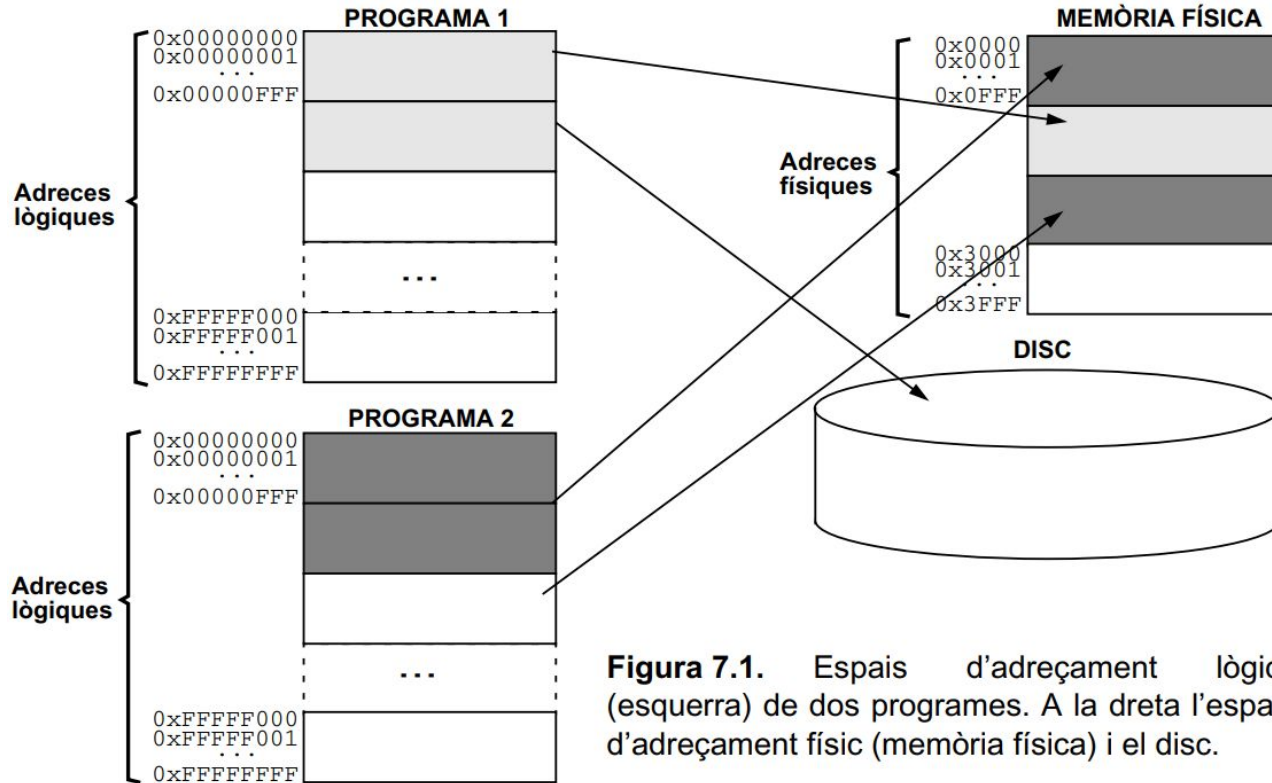
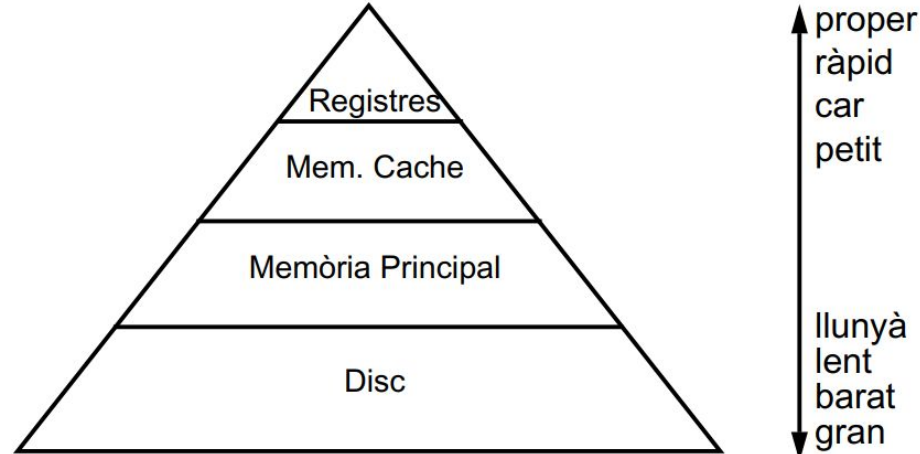


Figura 7.1. Espais d'adreçament lògic (esquerra) de dos programes. A la dreta l'espai d'adreçament físic (memòria física) i el disc.

Jerarquia de memòria

- L'ús del disc permet augmentar la capacitat de la memòria
- El mecanisme de memòria virtual s'encarrega de moure dades entre el disc dur i la memòria principal





Funcionament de la memòria virtual



Unitat bàsica: la pàgina de memòria

- Espai de memòria contigu i de tamany fixe
- **Pàgina virtual**
 - Cadascun dels blocs en què es divideix l'espai d'adreçament lògic (virtual)
 - Cada pàgina té associat un número de pàgina (**VPN**: Virtual Page Number)
 - Per pàgines de 4KB (2^{12} bytes):

	VPN	page offset
@ = 0x10010004 =	0001 0000 0000 0001 0000	0000 0000 0100

Unitat bàsica: la pàgina de memòria

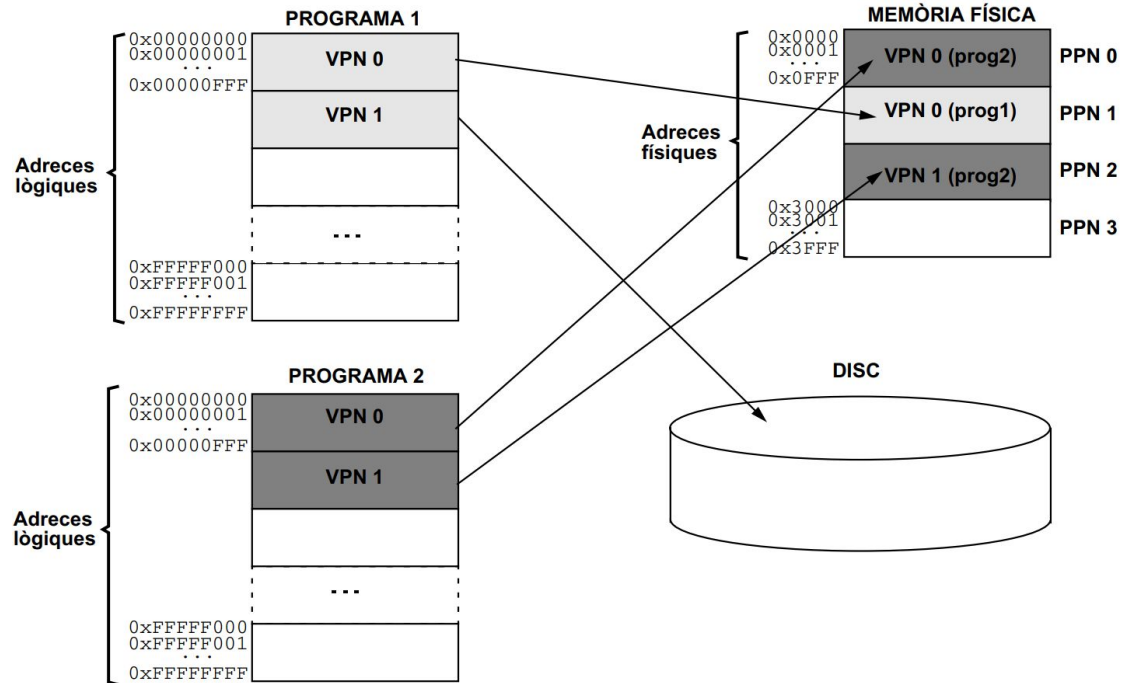
- La memòria física es divideix en **marcs de pàgina** (page frames)
 - Mateix tamany que la pàgina virtual
 - Un marc de pàgina es un “contenedor” que pot allotjar una pàgina virtual
 - Cada marc de pàgina té un número de pàgina física (**PPN**: Physical Page Number)

Unitat bàsica: la pàgina de memòria

- La memòria física es divideix en **marcs de pàgina** (page frames)
 - Mateix tamany que la pàgina virtual
 - Un marc de pàgina es un “contenedor” que pot allotjar una pàgina virtual
 - Cada marc de pàgina té un número de pàgina física (**PPN**: Physical Page Number)
- Durant l'execució d'un programa:
 - Les seves pàgines virtuals (dades, instruccions) es van emmagatzemant a memòria física a mesura que es necessiten - als marcs de pàgina
 - Si no queden marcs de pàgina lliures, el sistema operatiu en reemplaçara un d'ocupat

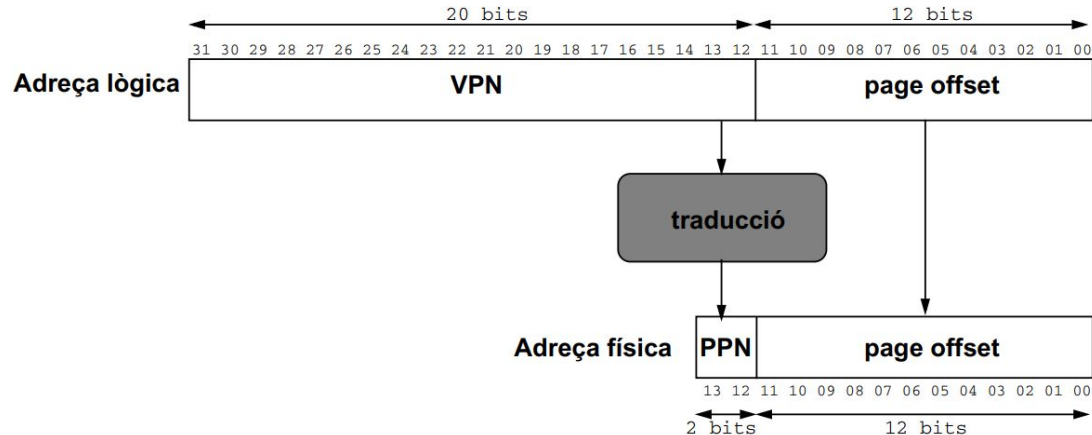
Exemple

- Adreces de 32 bits, pàgines de 4KB, memòria física de 16KB



Traducció d'adreces

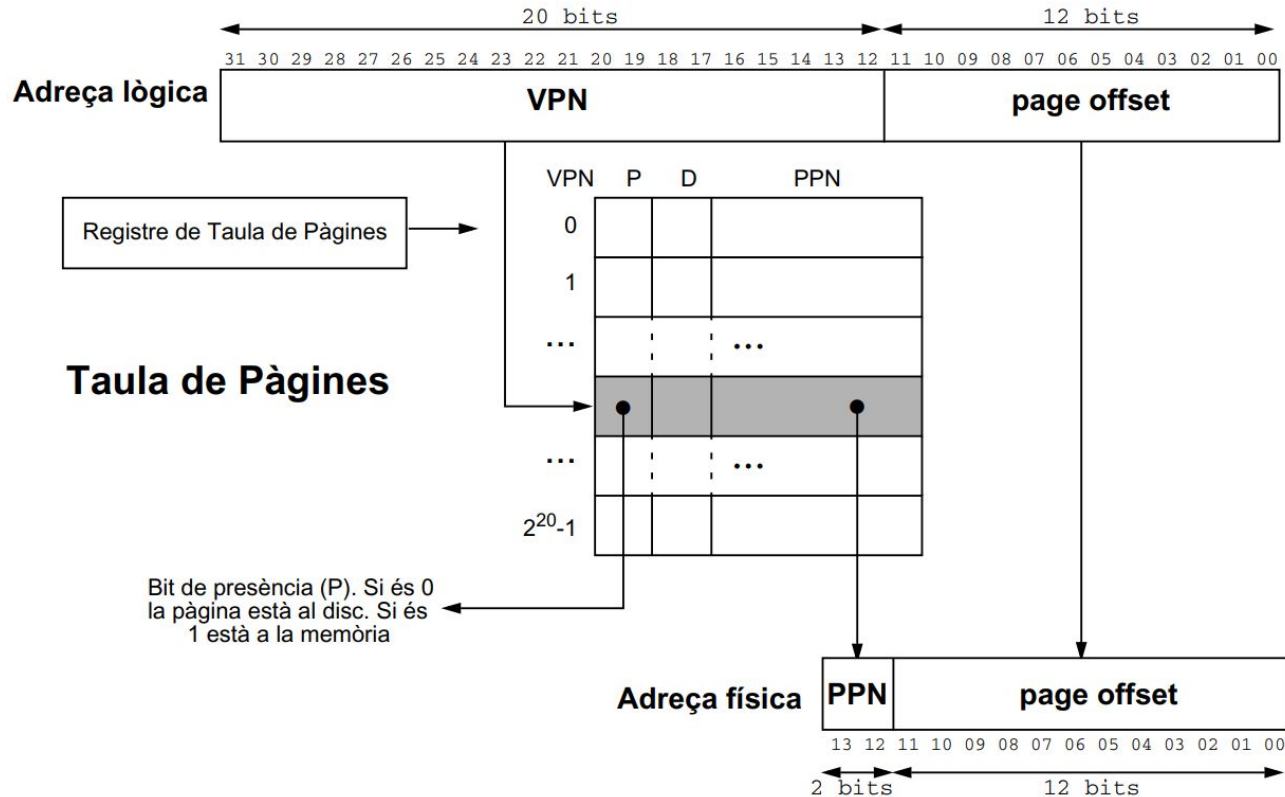
- El processador treballa amb adreces lògiques
- Per cada load/store s'ha de traduir l'adreça lògica a una adreça física
- MMU (Memory Management Unit):
 - Tradueix el VPN al corresponent PPN
 - L'offset dintre de la pàgina no canvia



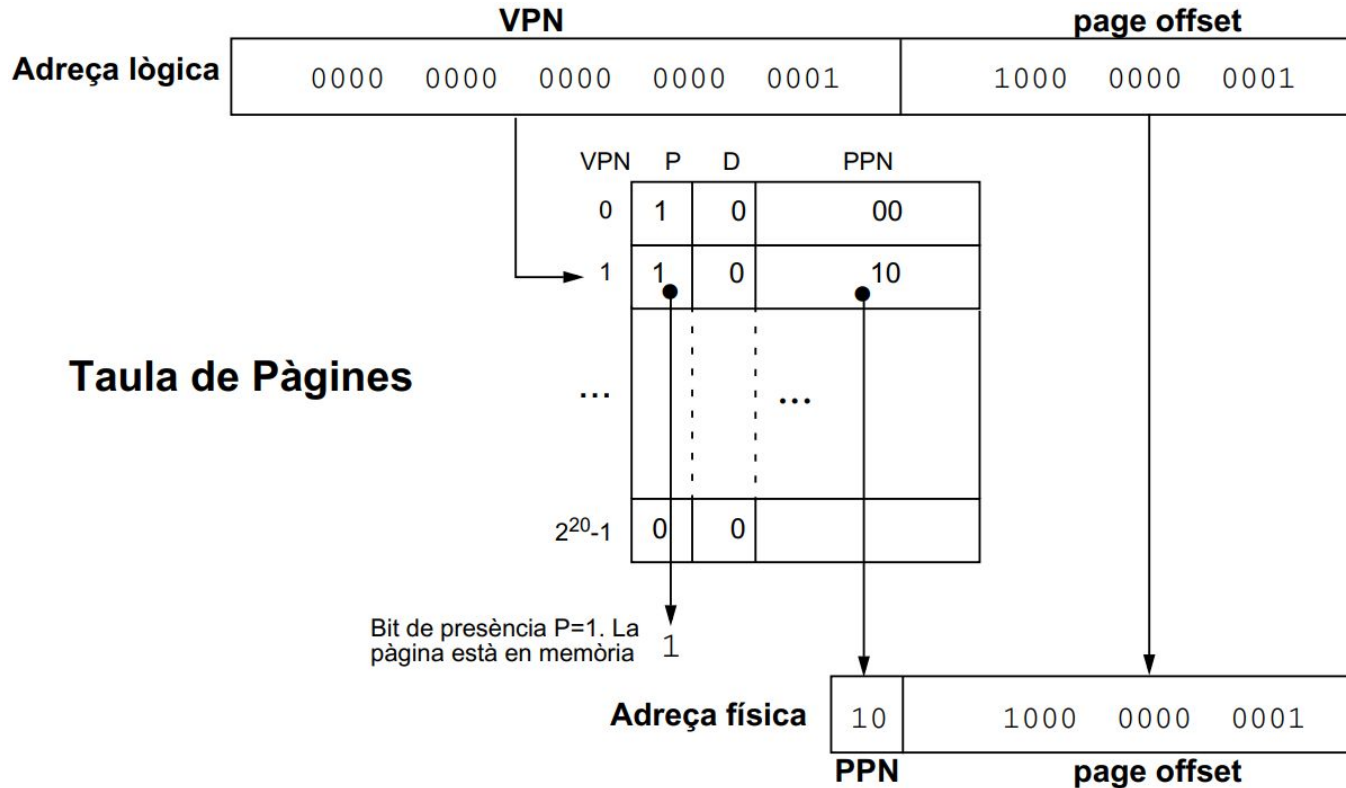
Taula de pàgines

- Per traduir una adreça lògica a física cal determinar a quin marc de pàgina (PPN) es troba la pàgina lògica (VPN)
- El sistema operatiu manté un llistat de totes les traduccions actuals
 - **Taula de pàgines (page table)**
 - Hi ha una taula de pàgines per cada programa
 - Una entrada (fila) a la taula de pàgines s'anomena **PTE** (Page Table Entry)
 - Tantes entrades com pàgines virtuals
 - Bit de presència (P) i bit de modificació (D)
- El sistema operatiu utilitza emplaçament completament associatiu
 - Un VPN pot anar a qualsevol PPN
- Registre de taula de pàgines

Traducció amb taula de pàgines



Traducció amb taula de pàgines





Fallada de pàgina



Fallada de pàgina

- Es produeix quan la CPU sol·licita a la MMU un accés a una pàgina que no es troba a memòria física
 - Bit de presència (P) val 0 a la taula de pàgines

Fallada de pàgina

- Es produeix quan la CPU sol·licita a la MMU un accés a una pàgina que no es troba a memòria física
 - Bit de presència (P) val 0 a la taula de pàgines
- En cas de fallada de pàgina, el sistema operatiu:
 1. Llegeix la pàgina de disc
 2. La carrega en un marc de pàgina de memòria física
 3. Actualitza la informació de la taula de pàgines amb la nova traducció
 4. Reexecuta la instrucció que ha causat la fallada

Fallada de pàgina

- Es produeix quan la CPU sol·licita a la MMU un accés a una pàgina que no es troba a memòria física
 - Bit de presència (P) val 0 a la taula de pàgines
- En cas de fallada de pàgina, el sistema operatiu:
 1. Llegeix la pàgina de disc
 2. La carrega en un marc de pàgina de memòria física
 3. Actualitza la informació de la taula de pàgines amb la nova traducció
 4. Reexecuta la instrucció que ha causat la fallada
- Política d'escriptura retardada amb assignació
 - L'accés a disc és extremadament lent

Reemplaçaments de pàgina

- Es produeixen quan el sistema operatiu necessita carregar una pàgina a memòria física i no queda cap marc de pàgina lliure
 - Algorisme de reemplaçament LRU
 - Abans de reemplaçar una pàgina modificada (bit D = 1) s'ha d'escriure al disc
 - Als sistemes Linux la zona del disc on s'emmagatzemen les pàgines d'un procés (programa) s'anomena espai d'intercanvi (swap)

Enquestes

<http://e-enquestes.upc.edu/>