

# Exercici 2.3

## 2.3

El nostre sistema (processador de 32 bits+ memòria cau + memòria principal) utilitza adreces de memòria de 32 bits i té una memòria principal de mida: 1 GiB. Té una memòria cau de 4 KiB organitzada en la manera associativa a k camins, amb 4 blocs per conjunt i 64 bytes per bloc.

A. Calcula el nombre de bits en cada un dels camps d'etiqueta, “set” (conjunt) i paraula de l'adreça de la memòria.

B. Supposeu que la memòria cau està inicialment buida. Supposem que el processador obté 1088 paraules, cadascuna de les ubicacions de la paraula successiva a partir de la ubicació 0. Després repeteix aquesta seqüència nou vegades més. Si la memòria cau és 10 vegades més ràpida que la memòria principal , calculeu el factor de millora derivat de l'ús de la memòria cau. Assumeixi que l'algoritme LRU s'utilitza per a la substitució de blocs.

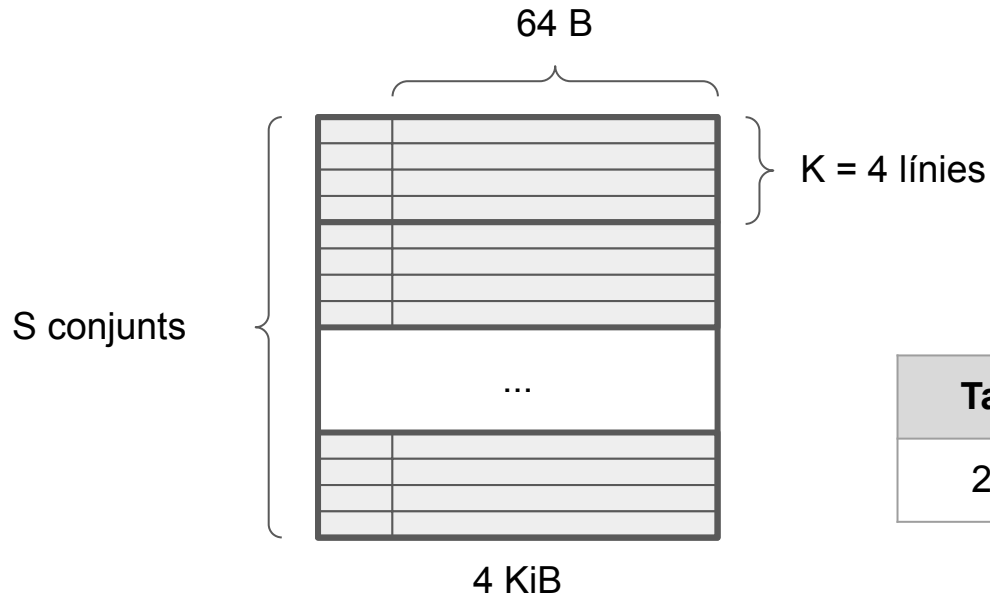
## 2.3

A. Calcula el nombre de bits en cada un dels camps d'etiqueta, “set” (conjunt) i paraula de l'adreça de la memòria.

## 2.3

A. Calcula el nombre de bits en cada un dels camps d'etiqueta, “set” (conjunt) i paraula de l'adreça de la memòria.

CPU 32 bits, RAM 1 GiB, L1 4 KiB associativa per  $k = 4$  línies i 64 B/línia.



$$\begin{aligned}C &= 4 \text{ KiB} / 64 \text{ B} = 64 \text{ línies} \\S &= C / K = 64 / 4 = 16 \text{ conjunts} \\ \text{Adreça} &= \log_2 1 \text{ GiB} = 32 \text{ bits}\end{aligned}$$

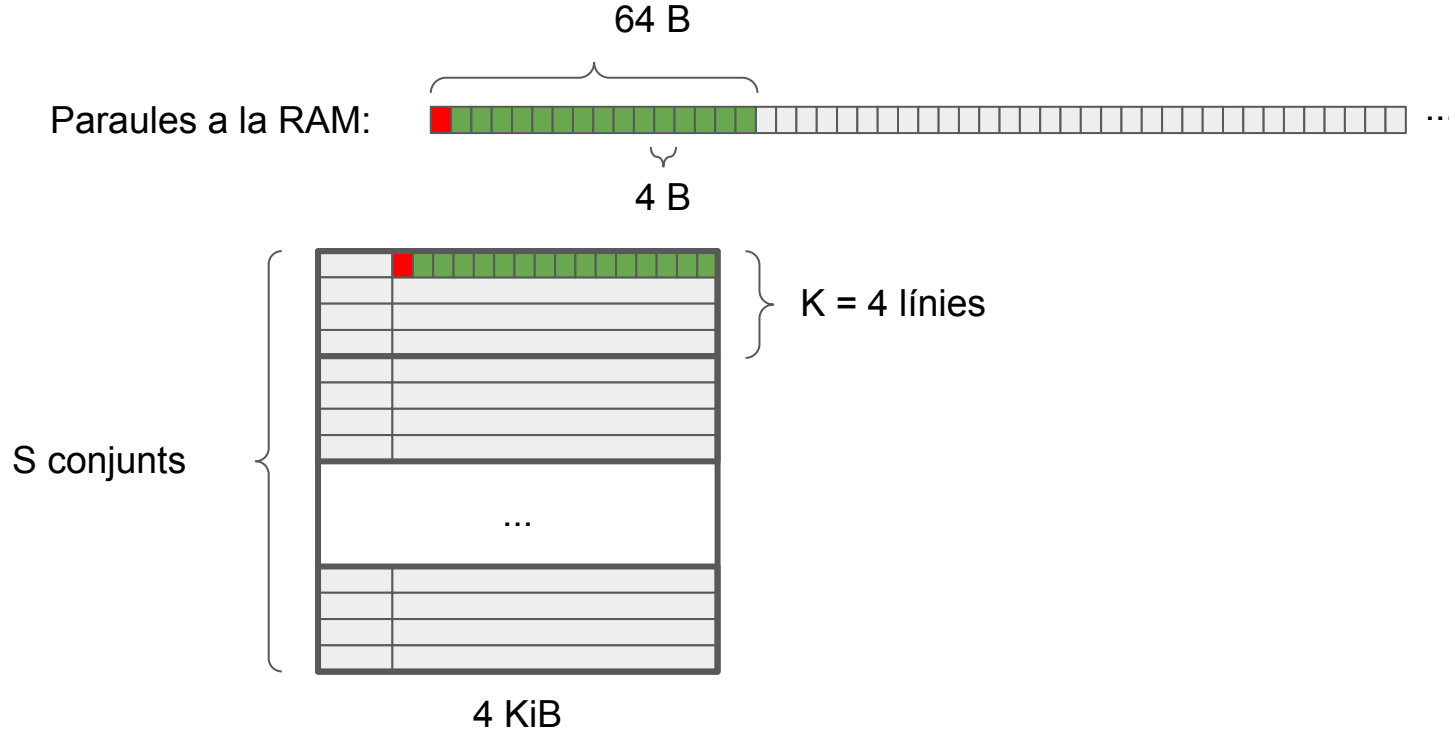
Tag	i	W	B
22	4	4	2

## 2.3

B. Supposeu que la memòria cau està inicialment buida. Suposem que el processador obté 1088 paraules, cadascuna de les ubicacions de la paraula successiva a partir de la ubicació 0. Després repeteix aquesta seqüència nou vegades més. Si la memòria cau és 10 vegades més ràpida que la memòria principal, calculeu el factor de millora derivat de l'ús de la memòria cau. Assumeixi que l'algoritme LRU s'utilitza per a la substitució de blocs.

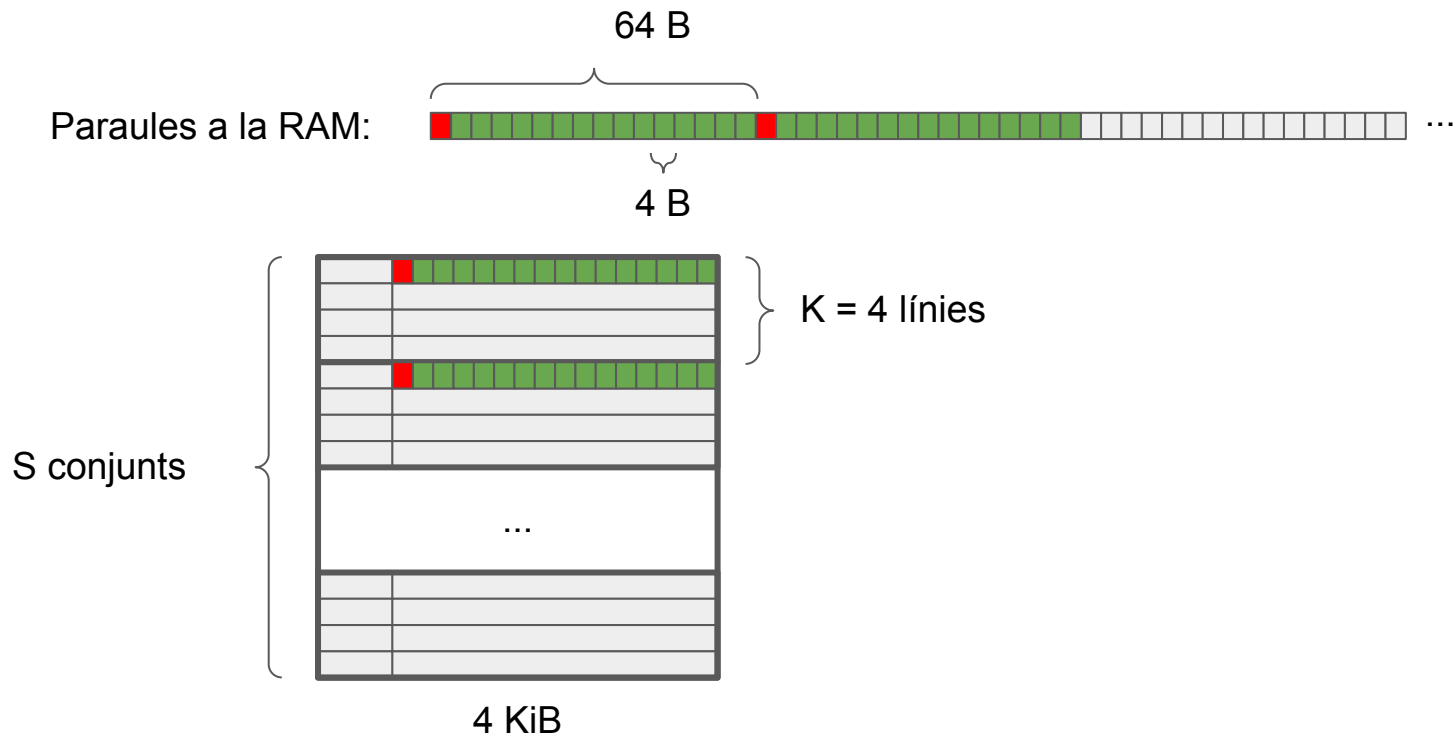
## 2.3

Accessos a les paraules del vector 0 - 15 (bytes 0 - 63):



## 2.3

Accessos a les paraules del vector 16 - 31 (bytes 64 - 127):



## 2.3

Iteració 0 del vector

(bytes 0 - 63 = paraules 0 - 15 = **línia 0**, bytes 64 - 127 = paraules 16 - 31 = **línia 1**...)

0: <b>0</b>	8:	16:	24:	32:	40:	48:	56:
1:	9:	17:	25:	33:	41:	49:	57:
2:	10:	18:	26:	34:	42:	50:	58:
3:	11:	19:	27:	35:	43:	51:	59:
4:	12:	20:	28:	36:	44:	52:	60:
5:	13:	21:	29:	37:	45:	53:	61:
6:	14:	22:	30:	38:	46:	54:	62:
7:	15:	23:	31:	39:	47:	55:	63:

Byte 0 = paraula 0 = miss, bytes 4 - 63 = paraules 1 - 15 = hit espacial (1 miss, 15 hits)



## 2.3

Iteració 0 del vector

(bytes 0 - 63 = paraules 0 - 15 = **línia 0**, bytes 64 - 127 = paraules 16 - 31 = **línia 1**...)

0: <b>0</b>	8:	16:	24:	32:	40:	48:	56:
1:	9:	17:	25:	33:	41:	49:	57:
2:	10:	18:	26:	34:	42:	50:	58:
3:	11:	19:	27:	35:	43:	51:	59:
4: <b>1</b>	12:	20:	28:	36:	44:	52:	60:
5:	13:	21:	29:	37:	45:	53:	61:
6:	14:	22:	30:	38:	46:	54:	62:
7:	15:	23:	31:	39:	47:	55:	63:

Byte 64 = paraula 0 = miss, bytes 68 - 127 = paraules 1 - 15 = hit espacial (1 miss, 15 hits)

## 2.3

Iteració 0 del vector

(bytes 0 - 63 = paraules 0 - 15 = **línia 0**, bytes 64 - 127 = paraules 16 - 31 = **línia 1**...)

0: <b>0</b>	8: <b>2</b>	16: <b>4</b>	24: <b>6</b>	32: <b>8</b>	40: <b>10</b>	48: <b>12</b>	56: <b>14</b>
1:	9:	17:	25:	33:	41:	49:	57:
2:	10:	18:	26:	34:	42:	50:	58:
3:	11:	19:	27:	35:	43:	51:	59:
4: <b>1</b>	12: <b>3</b>	20: <b>5</b>	28: <b>7</b>	36: <b>9</b>	44: <b>11</b>	52: <b>13</b>	60: <b>15</b>
5:	13:	21:	29:	37:	45:	53:	61:
6:	14:	22:	30:	38:	46:	54:	62:
7:	15:	23:	31:	39:	47:	55:	63:

**■** = 1 miss, 15 hits

## 2.3

Iteració 0 del vector

(bytes 0 - 63 = paraules 0 - 15 = **línia 0**, bytes 64 - 127 = paraules 16 - 31 = **línia 1**...)

0: 0	8: 2	16: 4	24: 6	32: 8	40: 10	48: 12	56: 14
1: 16	9: 18	17: 20	25: 22	33: 24	41: 26	49: 28	57: 30
2:	10:	18:	26:	34:	42:	50:	58:
3:	11:	19:	27:	35:	43:	51:	59:
4: 1	12: 3	20: 5	28: 7	36: 9	44: 11	52: 13	60: 15
5: 17	13: 19	21: 21	29: 23	37: 25	45: 27	53: 29	61: 31
6:	14:	22:	30:	38:	46:	54:	62:
7:	15:	23:	31:	39:	47:	55:	63:

■ = 1 miss, 15 hits

## 2.3

Iteració 0 del vector

(bytes 0 - 63 = paraules 0 - 15 = **línia 0**, bytes 64 - 127 = paraules 16 - 31 = **línia 1**...)

0: 0	8: 2	16: 4	24: 6	32: 8	40: 10	48: 12	56: 14
1: 16	9: 18	17: 20	25: 22	33: 24	41: 26	49: 28	57: 30
2: 32	10: 34	18: 36	26: 38	34: 40	42: 42	50: 44	58: 46
3:	11:	19:	27:	35:	43:	51:	59:
4: 1	12: 3	20: 5	28: 7	36: 9	44: 11	52: 13	60: 15
5: 17	13: 19	21: 21	29: 23	37: 25	45: 27	53: 29	61: 31
6: 33	14: 35	22: 37	30: 39	38: 41	46: 43	54: 45	62: 47
7:	15:	23:	31:	39:	47:	55:	63:

 = 1 miss, 15 hits

## 2.3

Iteració 0 del vector

(bytes 0 - 63 = paraules 0 - 15 = **línia 0**, bytes 64 - 127 = paraules 16 - 31 = **línia 1**...)

0: 0	8: 2	16: 4	24: 6	32: 8	40: 10	48: 12	56: 14
1: 16	9: 18	17: 20	25: 22	33: 24	41: 26	49: 28	57: 30
2: 32	10: 34	18: 36	26: 38	34: 40	42: 42	50: 44	58: 46
3: 48	11: 50	19: 52	27: 54	35: 56	43: 58	51: 60	59: 62
4: 1	12: 3	20: 5	28: 7	36: 9	44: 11	52: 13	60: 15
5: 17	13: 19	21: 21	29: 23	37: 25	45: 27	53: 29	61: 31
6: 33	14: 35	22: 37	30: 39	38: 41	46: 43	54: 45	62: 47
7: 49	15: 51	23: 53	31: 55	39: 57	47: 59	55: 61	63: 63

■ = 1 miss, 15 hits

## 2.3

Iteració 0 del vector

(bytes 0 - 63 = paraules 0 - 15 = **línia 0**, bytes 64 - 127 = paraules 16 - 31 = **línia 1**...)

0: 9 64	8: 2	16: 4	24: 6	32: 8	40: 10	48: 12	56: 14
1: 16	9: 18	17: 20	25: 22	33: 24	41: 26	49: 28	57: 30
2: 32	10: 34	18: 36	26: 38	34: 40	42: 42	50: 44	58: 46
3: 48	11: 50	19: 52	27: 54	35: 56	43: 58	51: 60	59: 62
4: 1	12: 3	20: 5	28: 7	36: 9	44: 11	52: 13	60: 15
5: 17	13: 19	21: 21	29: 23	37: 25	45: 27	53: 29	61: 31
6: 33	14: 35	22: 37	30: 39	38: 41	46: 43	54: 45	62: 47
7: 49	15: 51	23: 53	31: 55	39: 57	47: 59	55: 61	63: 63

■ = 1 miss, 15 hits

## 2.3

Iteració 0 del vector

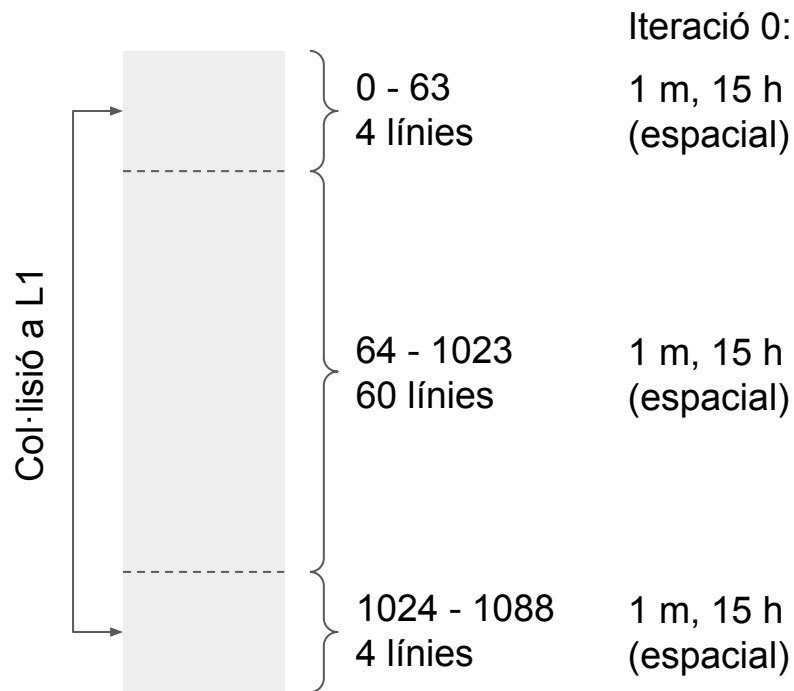
(bytes 0 - 63 = paraules 0 - 15 = **línia 0**, bytes 64 - 127 = paraules 16 - 31 = **línia 1**...)

0: 0 64	8: 2 66	16: 4	24: 6	32: 8	40: 10	48: 12	56: 14
1: 16	9: 18	17: 20	25: 22	33: 24	41: 26	49: 28	57: 30
2: 32	10: 34	18: 36	26: 38	34: 40	42: 42	50: 44	58: 46
3: 48	11: 50	19: 52	27: 54	35: 56	43: 58	51: 60	59: 62
4: 4 65	12: 3 67	20: 5	28: 7	36: 9	44: 11	52: 13	60: 15
5: 17	13: 19	21: 21	29: 23	37: 25	45: 27	53: 29	61: 31
6: 33	14: 35	22: 37	30: 39	38: 41	46: 43	54: 45	62: 47
7: 49	15: 51	23: 53	31: 55	39: 57	47: 59	55: 61	63: 63

 = 1 miss, 15 hits

## 2.3

B. Supposeu que la memòria cau està inicialment buida. Suposem que el processador obté 1088 paraules, cadascuna de les ubicacions de la paraula successiva a partir de la ubicació 0. Després repeteix aquesta seqüència nou vegades més.



Dades: 1088 paraules  
L1: 4 KiB / 4 = 1024 paraules

Hi caben 1024 paraules (64 línies)  
i en sobren 64 (4 línies).

$$H_{\text{Iteració 0}} = 15 \times 68$$



## 2.3

Iteració **1** del vector: **on va la línia 0?**

(bytes 0 - 63 = paraules 0 - 15 = **línia 0**, bytes 64 - 127 = paraules 16 - 31 = **línia 1**...)

0: 0 64	8: 2 66	16: 4	24: 6	32: 8	40: 10	48: 12	56: 14
1: 16	9: 18	17: 20	25: 22	33: 24	41: 26	49: 28	57: 30
2: 32	10: 34	18: 36	26: 38	34: 40	42: 42	50: 44	58: 46
3: 48	11: 50	19: 52	27: 54	35: 56	43: 58	51: 60	59: 62
4: 4 65	12: 3 67	20: 5	28: 7	36: 9	44: 11	52: 13	60: 15
5: 17	13: 19	21: 21	29: 23	37: 25	45: 27	53: 29	61: 31
6: 33	14: 35	22: 37	30: 39	38: 41	46: 43	54: 45	62: 47
7: 49	15: 51	23: 53	31: 55	39: 57	47: 59	55: 61	63: 63

 = 1 miss, 15 hits

## 2.3

Iteració 1 del vector

(bytes 0 - 63 = paraules 0 - 15 = **línia 0**, bytes 64 - 127 = paraules 16 - 31 = **línia 1**...)

0: 0 64	8: 2 66	16: 4	24: 6	32: 8	40: 10	48: 12	56: 14
1: 16 0	9: 18	17: 20	25: 22	33: 24	41: 26	49: 28	57: 30
2: 32	10: 34	18: 36	26: 38	34: 40	42: 42	50: 44	58: 46
3: 48	11: 50	19: 52	27: 54	35: 56	43: 58	51: 60	59: 62
4: 4 65	12: 3 67	20: 5	28: 7	36: 9	44: 11	52: 13	60: 15
5: 17	13: 19	21: 21	29: 23	37: 25	45: 27	53: 29	61: 31
6: 33	14: 35	22: 37	30: 39	38: 41	46: 43	54: 45	62: 47
7: 49	15: 51	23: 53	31: 55	39: 57	47: 59	55: 61	63: 63

 = 1 miss, 15 hits

## 2.3

Iteració 1 del vector

(bytes 0 - 63 = paraules 0 - 15 = **línia 0**, bytes 64 - 127 = paraules 16 - 31 = **línia 1**...)

0: 0 64	8: 2 66	16: 4	24: 6	32: 8	40: 10	48: 12	56: 14
1: 16 0	9: 18 2	17: 20	25: 22	33: 24	41: 26	49: 28	57: 30
2: 32	10: 34	18: 36	26: 38	34: 40	42: 42	50: 44	58: 46
3: 48	11: 50	19: 52	27: 54	35: 56	43: 58	51: 60	59: 62
4: 4 65	12: 3 67	20: 5	28: 7	36: 9	44: 11	52: 13	60: 15
5: 17 1	13: 19 3	21: 21	29: 23	37: 25	45: 27	53: 29	61: 31
6: 33	14: 35	22: 37	30: 39	38: 41	46: 43	54: 45	62: 47
7: 49	15: 51	23: 53	31: 55	39: 57	47: 59	55: 61	63: 63

 = 1 miss, 15 hits

## 2.3

Iteració 1 del vector

(bytes 0 - 63 = paraules 0 - 15 = **línia 0**, bytes 64 - 127 = paraules 16 - 31 = **línia 1**...)

0: 0 64	8: 2 66	16: 4	24: 6	32: 8	40: 10	48: 12	56: 14
1: 16 0	9: 18 2	17: 20	25: 22	33: 24	41: 26	49: 28	57: 30
2: 32	10: 34	18: 36	26: 38	34: 40	42: 42	50: 44	58: 46
3: 48	11: 50	19: 52	27: 54	35: 56	43: 58	51: 60	59: 62
4: 4 65	12: 3 67	20: 5	28: 7	36: 9	44: 11	52: 13	60: 15
5: 17 1	13: 19 3	21: 21	29: 23	37: 25	45: 27	53: 29	61: 31
6: 33	14: 35	22: 37	30: 39	38: 41	46: 43	54: 45	62: 47
7: 49	15: 51	23: 53	31: 55	39: 57	47: 59	55: 61	63: 63

■ = 1 miss, 15 hits, ■ = 16 hits

## 2.3

Iteració 1 del vector

(bytes 0 - 63 = paraules 0 - 15 = **línia 0**, bytes 64 - 127 = paraules 16 - 31 = **línia 1**...)

0: 0 64	8: 2 66	16: 4	24: 6	32: 8	40: 10	48: 12	56: 14
1: 16 0	9: 18 2	17: 20	25: 22	33: 24	41: 26	49: 28	57: 30
2: 32	10: 34	18: 36	26: 38	34: 40	42: 42	50: 44	58: 46
3: 48	11: 50	19: 52	27: 54	35: 56	43: 58	51: 60	59: 62
4: 4 65	12: 3 67	20: 5	28: 7	36: 9	44: 11	52: 13	60: 15
5: 17 1	13: 19 3	21: 21	29: 23	37: 25	45: 27	53: 29	61: 31
6: 33	14: 35	22: 37	30: 39	38: 41	46: 43	54: 45	62: 47
7: 49	15: 51	23: 53	31: 55	39: 57	47: 59	55: 61	63: 63

■ = 1 miss, 15 hits, ■ = 16 hits

## 2.3

Iteració 1 del vector

(bytes 0 - 63 = paraules 0 - 15 = **línia 0**, bytes 64 - 127 = paraules 16 - 31 = **línia 1**...)

0: 0 64	8: 2 66	16: 4	24: 6	32: 8	40: 10	48: 12	56: 14
1: 16 0	9: 48 2	17: 20	25: 22	33: 24	41: 26	49: 28	57: 30
2: 32 16	10: 34 18	18: 36	26: 38	34: 40	42: 42	50: 44	58: 46
3: 48	11: 50	19: 52	27: 54	35: 56	43: 58	51: 60	59: 62
4: 4 65	12: 3 67	20: 5	28: 7	36: 9	44: 11	52: 13	60: 15
5: 47 1	13: 49 3	21: 21	29: 23	37: 25	45: 27	53: 29	61: 31
6: 33 17	14: 35 19	22: 37	30: 39	38: 41	46: 43	54: 45	62: 47
7: 49	15: 51	23: 53	31: 55	39: 57	47: 59	55: 61	63: 63

■ = 1 miss, 15 hits, ■ = 16 hits

## 2.3

Iteració 1 del vector

(bytes 0 - 63 = paraules 0 - 15 = **línia 0**, bytes 64 - 127 = paraules 16 - 31 = **línia 1**...)

0: 0 64	8: 2 66	16: 4	24: 6	32: 8	40: 10	48: 12	56: 14
1: 16 0	9: 48 2	17: 20	25: 22	33: 24	41: 26	49: 28	57: 30
2: 32 16	10: 34 18	18: 36	26: 38	34: 40	42: 42	50: 44	58: 46
3: 48 32	11: 50 34	19: 52	27: 54	35: 56	43: 58	51: 60	59: 62
4: 4 65	12: 3 67	20: 5	28: 7	36: 9	44: 11	52: 13	60: 15
5: 47 1	13: 49 3	21: 21	29: 23	37: 25	45: 27	53: 29	61: 31
6: 33 17	14: 35 19	22: 37	30: 39	38: 41	46: 43	54: 45	62: 47
7: 49 33	15: 51 35	23: 53	31: 55	39: 57	47: 59	55: 61	63: 63

■ = 1 miss, 15 hits, ■ = 16 hits

## 2.3

Iteració 1 del vector

(bytes 0 - 63 = paraules 0 - 15 = **línia 0**, bytes 64 - 127 = paraules 16 - 31 = **línia 1**...)

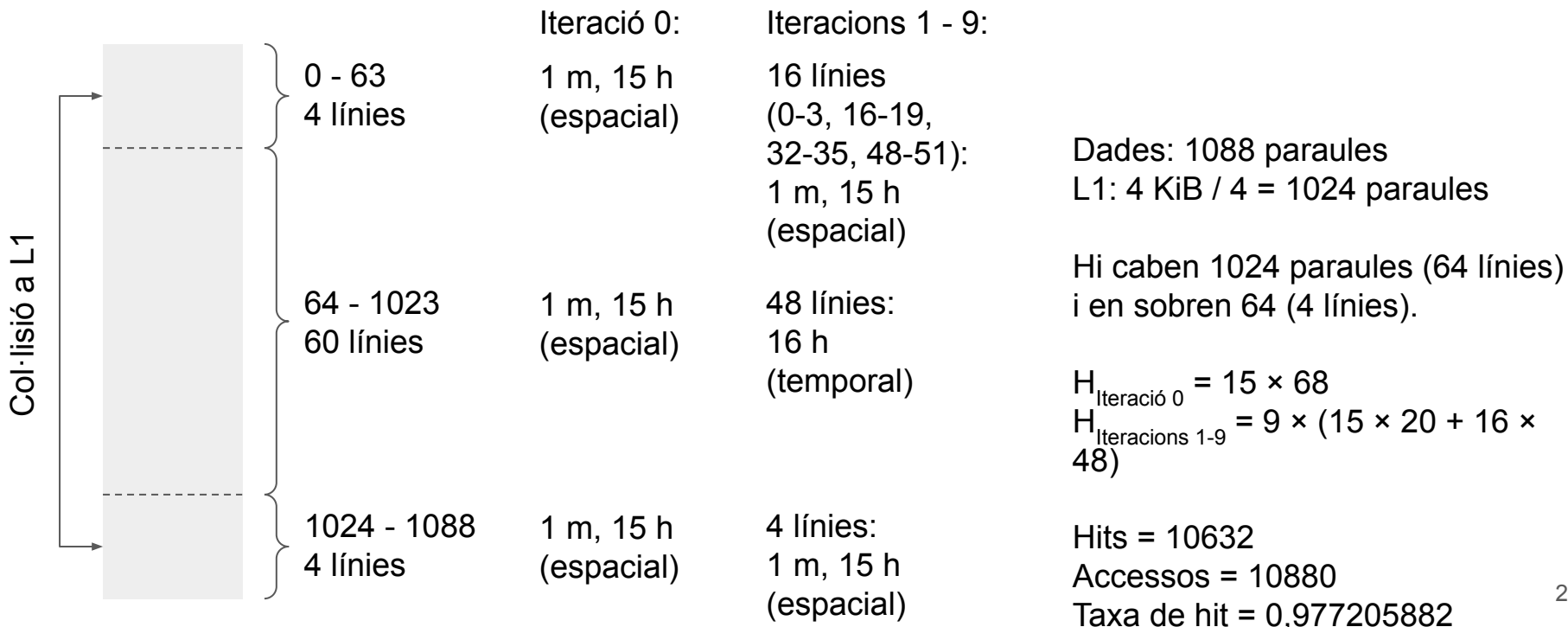
0: 0 64 48	8: 2 66 50	16: 4	24: 6	32: 8	40: 10	48: 12	56: 14
1: 16 0	9: 48 2	17: 20	25: 22	33: 24	41: 26	49: 28	57: 30
2: 32 16	10: 34 18	18: 36	26: 38	34: 40	42: 42	50: 44	58: 46
3: 48 32	11: 50 34	19: 52	27: 54	35: 56	43: 58	51: 60	59: 62
4: 4 65 49	12: 3 67 51	20: 5	28: 7	36: 9	44: 11	52: 13	60: 15
5: 17 1	13: 49 3	21: 21	29: 23	37: 25	45: 27	53: 29	61: 31
6: 33 17	14: 35 19	22: 37	30: 39	38: 41	46: 43	54: 45	62: 47
7: 49 33	15: 51 35	23: 53	31: 55	39: 57	47: 59	55: 61	63: 63

■ = 1 miss, 15 hits, ■ = 16 hits



## 2.3

B. Supposeu que la memòria cau està inicialment buida. Suposem que el processador obté 1088 paraules, cadascuna de les ubicacions de la paraula successiva a partir de la ubicació 0. Després repeteix aquesta seqüència nou vegades més.



## 2.3

B. Si la memòria cau és 10 vegades més ràpida que la memòria principal, calculeu el factor de millora derivat de l'ús de la memòria cau. Assumeixi que l'algoritme LRU s'utilitza per a la substitució de blocs.

Llei d'Ahmdal: 
$$A = \frac{1}{(1 - F_m) + \frac{F_m}{A_m}}$$

$F_m$  = fracció que s'ha optimitzat = taxa de hit = 0,977205882

$A_m$  = factor d'acceleració = 10

**A = 8,297742518**

(El màxim tèoric amb taxa de hit 1 és 10)

