

# Introducció a la Investigació Operativa

## **Tema 4.** Models lineals d'optimització: plantejaments alternatius

Catalina Bolancé

Dept. Econometria, Estadística i Economia Espanyola

Javier Heredia

Dept. Estadística i Investigació Operativa

## 1 Programació entera

- Objectius de la programació entera
- Plantejament d'un problema de Programació Lineal Entera

## 2 Algorismes de PLE

- Algorisme de Branch&Bound

## 3 Exemples amb variables binàries

- Exemple de restriccions inclusives
- Altres exemples

# Objectius específics de la Programació Lineal Entera (I)

| Formulació, resolució numèrica i optimització: |   |
|--|---|
| 1.   | Conèixer i entendre la formulació d'alguns exemples de problemes de programació lineal entera.  |
| 2.   | Davant d'un problema de Presa de Decisions (PPD) associat a un problema de (PLE), ser capaç de formular un model <i>consistent</i> d'optimització ( <i>paràmetres, variables, funció objectiu i restriccions</i> ), de forma <i>eficient, matemàticament correcta, clara i parametritzada</i> . |
| 3.   | Davant d'un PPD associat a un problema de (PLE), trobar-ne la seva solució numèrica amb l'ajut d'Excel i SAS/OR.  |
| 4.   | Conèixer el concepte de <i>relaxació lineal</i> d'un problema de (PLE) i la relació entre les solucions òptimes dels dos problemes.   |
| 5.   | Comprendre els conceptes de <i>relaxació lineal, separació i eliminació</i> , i la seva aplicació a la resolució de problemes de (PLE) mitjançant <i>l'algorisme Branch&amp;Bound (B&amp;B)</i>   |
| 6.   | Saber resoldre problemes de (PLE) de 2 variables amb l'algorisme de B&B.  |
| 7.   | Plantejament d'alguns problemes amb variables binàries.   |

# Definició d'un problema de PLE

- Quan una o diverses variables d'un problema de PL només pot adoptar valors enters, es té un problema de **Programació Lineal Entera** (PLE).
- Els problemes de PLE són habituals quan les solucions fraccionals no tenen sentit:
  - ▶ Planificació de plantilles laborals
  - ▶ Fabricació d'avions, cotxes,...
- Les variables enteres també ens ajuden a construir models més acurats per a un gran nombre de problemes de presa de decisions.

## Exemple “Blue Ridge Hot Tubs”

|           |                           |                               |
|-----------|---------------------------|-------------------------------|
| max $z =$ | $350x_1 + 300x_2$         | Benefici                      |
| s.a.:     | $x_1 + x_2 \leq 200$      | Bombes                        |
|           | $9x_1 + 6x_2 \leq 1566$   | Mà d'obra                     |
|           | $12x_1 + 16x_2 \leq 2880$ | Canonades                     |
|           | $x_1, x_2 \geq 0$         | No-negativitat                |
|           | $x_1, x_2$ enters         | <b>Condicció d'integritat</b> |

Les **condicions d'integritat** són fàcils de definir, però compliquen molt la resolució del problema.

# Relaxació lineal

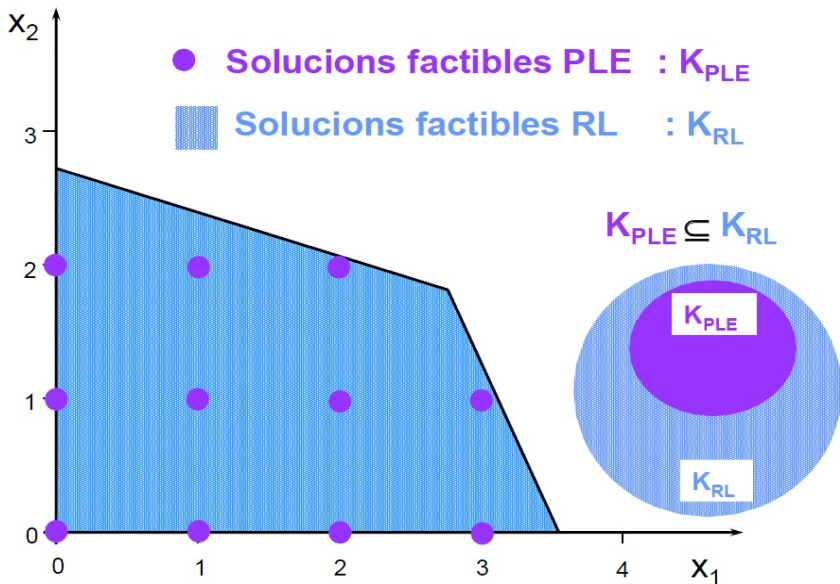
- PLE original:

$$\left\{ \begin{array}{ll} \max z_{PLE} = & 2x_1 + 3x_2 \\ \text{s.a.:} & x_1 + 3x_2 \leq 8.25 \\ & 2.5x_1 + x_2 \leq 8.75 \\ & x_1, x_2 \geq 0 \\ & x_1, x_2 \text{ enters} \end{array} \right.$$

- Relaxació lineal (RL):

$$\left\{ \begin{array}{ll} \max z_{RL} = & 2x_1 + 3x_2 \\ \text{s.a.:} & x_1 + 3x_2 \leq 8.25 \\ & 2.5x_1 + x_2 \leq 8.75 \\ & x_1, x_2 \geq 0 \end{array} \right.$$

## Relació entre les regions factibles del PLE i RL



# Relació entre les funcions objectius del PLE i RL

- $K_{PLE} \subseteq K_{RL} \implies$  La solució òptima de la relaxació lineal ( $z_{RL}^*$ ) proporciona una fita del valor òptim de la funció objectiu del problema de PLE ( $z_{PLE}^*$ ).
  - ▶ Per a problemes de *maximització*, el valor òptim de la relaxació lineal és una **fita superior** del valor òptim de la funció objectiu del problema de PLE:

$$\max z_{PLE} \leq \max z_{RL}$$

- ▶ Per a problemes de *minimització*, el valor òptim de la relaxació lineal és una **fita inferior** del valor òptim de la funció objectiu del problema de PLE:

$$\min z_{RL} \leq \min z_{PLE}$$



# Relació entre les funcions objectius del PLE i RL

- Quan es resol la relaxació lineal d'un problema de PLE, a vegades s'obté una solució òptima entera.
- Aquest era el cas del problema “*Blue Ridge hot Tubs*” que hem estat usant.
- Però, què passaria si la quantitat de mà d'obra es reduís a 1520 hores i la quantitat de canonades a 2650 peus?

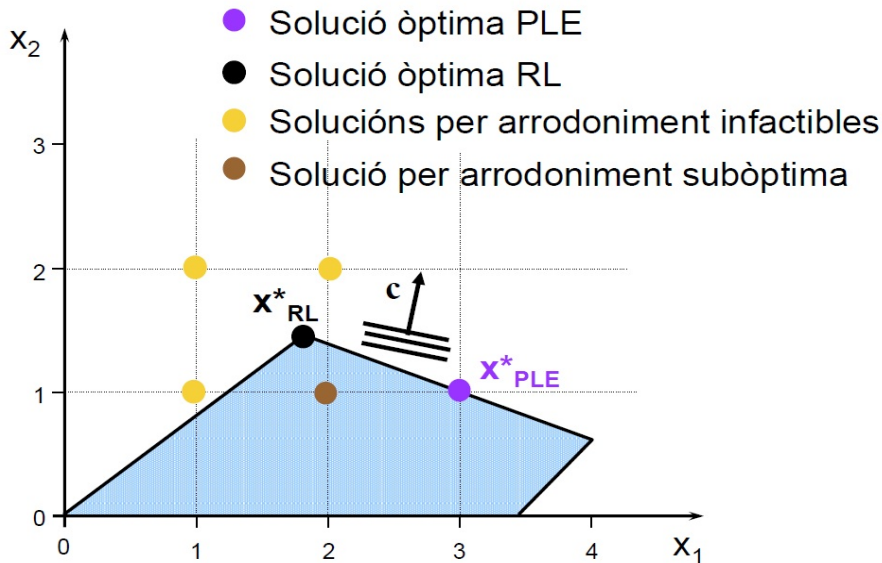
# Solució del problema modificat

|    | A                            | B                   | C           | D              | E          |  |
|----|------------------------------|---------------------|-------------|----------------|------------|--|
| 1  |                              |                     |             |                |            |  |
| 2  |                              | BLUE RIDGE HOT TUBS |             |                |            |  |
| 3  |                              |                     |             |                |            |  |
| 4  | NOM DELS PRODUCTES           | Aqua-Spas           | Hydro-Luxes |                |            |  |
| 5  | Nombre d'unitats (Producció) | 116.9444444         | 77.91666667 | Benefici total |            |  |
| 6  | Benefici unitari             | \$350               | \$300       | \$64,306       |            |  |
| 7  |                              |                     |             |                |            |  |
| 8  | Renstriccions                |                     |             | Utilitzat      | Disponible |  |
| 9  | Bombes                       | 1                   | 1           | 194.8611111    | 210        |  |
| 10 | Mà d'obra                    | 9                   | 6           | 1520           | 1520       |  |
| 11 | Canonades                    | 12                  | 16          | 2650           | 2650       |  |
| 12 |                              |                     |             |                |            |  |

# Arrodoniment

- Podríem estar temptats a resoldre els problemes de PLE arrodonint la solució fraccional de la relaxació lineal a la solució entera més propera.
- En general, aquest mètode no funciona:
  - ▶ La solució per arrodoniment pot ser infactible.
  - ▶ La solució per arrodoniment pot ser sub-òptima.

# Solucions per arrodoniments infactibles o sub-òptimes



# Algorismes de PLE

- Algorismes exactes:

- ▶ Assegurem l'obtenció de la solució òptima (amb paciència!!).
- ▶ Cost computacional molt elevat (*exponencial*).
- ▶ *Plans secants* (PM -LCTE-), *Branch&Bound* (APL, PM -LCTE-),...

- Algorismes d'aproximació:

- ▶ Solució subòptima amb estimació de la seva qualitat.
- ▶ Cost computacional raonable (*polinòmic*).
- ▶ *Relaxació Lagrangiana* (PM -LCTE-), ...

- Heurístiques:

- ▶ Solució subòptima sense estimació de la seva qualitat.
- ▶ Els més ràpids.
- ▶ *Mètodes de cerca local* (PM -LCTE-), *algorismes genètics*,...

# Algorisme del *Branch & Bound*

- L'algorisme del *Branch & Bound* (ramifica i poda) és un dels mètodes que resolen problemes de PLE.
- Es basa en la identificació de  $x_{PLE}^*$  després de visitar un conjunt reduït de solucions enteres del problema de PLE.
- Sovint necessita gran quantitat de càlcul computacional ( $\equiv$  temps d'execució).

# Criteri d'aturada

- Degut a que l'algorisme B&B és tan lent, molts paquets de PLE permeten especificar un **factor de tolerància de sub-òptim**, que permet aturar el procés quan la millor solució entera coneguda està a menys d'un cert % de la solució òptima.
- Cal conèixer una fita de la solució òptima del PLE ( $z_{PLE}^*$ ). Per exemple, suposem que estem maximitzant i que:
  - ▶ La relaxació lineal té  $z_{RL}^* = 64306\text{€}$ .
  - ▶  $z_{TOL} = 0.95 \times z_{RL}^* = 0.95 \times 64306 = 61090\text{€}$ .
  - ▶ Així, qualsevol solució entera amb  $z \geq z_{TOL} = 61090\text{€}$  segur que està a menys d'un 5% de  $z_{PLE}^*$ , perquè:

$$z_{TOL} \leq z \leq z_{PLE}^* \leq z_{RL}^*$$

- Hi ha altres mètodes per a trobar millors fites (relaxació Lagrangiana, s'estudia a Programació Matemàtica, LCTE).

# Solució de problemes de PLE amb “Solver” (I)

Es defineixen les condicions d'integritat al menú *Add Constraints*.

Referencia de celda:  = Restricción:

Opciones

Todos los métodos | GRG Nonlinear | Evolutionary |

Precisión de restricciones:

☒ Usar escala automática

☐ Mostrar resultados de iteraciones

Resolviendo restricciones de enteros

☐ Omitir restricciones de enteros

Optimalidad de entero (%):

Resolviendo límites

Tiempo máximo (segundos):

Iteraciones:

Restricciones de enteros y Evolutionary:

Máximo de subproblemas:

Máximo de soluciones viables:

Parámetros de Solver

Establecer objetivo:

Para: ☒ Máx. ☐ Min ☐ Valor de:

Cambiando las celdas de variables:

Sujeto a las restricciones:

☒ Convertir variables sin restricciones en no negativas

Método de resolución:

Método de resolución

Seleccione el motor GRG Nonlinear para problemas de Solver no lineales suavizados. Seleccione el motor LP Simplex para problemas de Solver lineales, y seleccione el motor Evolutionary para problemas de Solver no suavizados.



# Solució de problemes de PLE amb “Solver” (II)

Canvi del factor de tolerància sub-òptim.

|    | A                            | B                   | C           | D              | E          |
|----|------------------------------|---------------------|-------------|----------------|------------|
| 1  |                              |                     |             |                |            |
| 2  |                              | BLUE RIDGE HOT TUBS |             |                |            |
| 3  |                              |                     |             |                |            |
| 4  | NOM DELS PRODUCTES           | Aqua-Spas           | Hydro-Luxes |                |            |
| 5  | Nombre d'unitats (Producció) | 118                 | 76          | Benefici total |            |
| 6  | Benefici unitari             | \$350               | \$300       | \$64,100       |            |
| 7  |                              |                     |             |                |            |
| 8  | Restriccions                 |                     |             | Utilitzat      | Disponible |
| 9  | Bombes                       | 1                   | 1           | 194            | 210        |
| 10 | Mà d'obra                    | 9                   | 6           | 1518           | 1520       |
| 11 | Canonades                    | 12                  | 16          | 2632           | 2650       |
| 12 |                              |                     |             |                |            |

# Solució de problemes de PLE amb "SAS/OR" (I)

```
ExempleT3_integer

libname t3 '.';

data t3.exemBRHT;
    input _row_ $9. Aqua Hydro _type_ $ _rhs_;
    datalines;
benefici    350  300    MAX      .
bombes      1    1     LE        200
treball     9    6     LE        1520
canonades   12   16     LE        2650
limsup      1000 1000    UPPERBD   .
enteras     1    2     INTEGER   .
;
run;

proc lp data=t3.exemBRHT;
run;
```

# Solució de problemes de PLE amb "SAS/OR" (I)

Output - (Sin título)

## The LP Procedure

### Resumen de la variable

| Nombre de la variable | Estado | Tipo    | Precio | Actividad | Coste reducida |
|-----------------------|--------|---------|--------|-----------|----------------|
| 1 Aqua                |        | INTEGER | 350    | 118       | 350            |
| 2 Hydro               |        | INTEGER | 300    | 76        | 300            |
| 3 bombes              | BASIC  | SLACK   | 0      | 6         | 0              |
| 4 treball             | BASIC  | SLACK   | 0      | 2         | 0              |
| 5 canonades           | BASIC  | SLACK   | 0      | 18        | 0              |

Output - (Sintitulo)

Sistema SAS

19:43 Friday, April 13, 2012 5

## The LP Procedure

### Resumen de restricciones

| Fila | Nombre de la restricción | Tipo      | Col S/S | Rhs  | Actividad | Actividad dual |
|------|--------------------------|-----------|---------|------|-----------|----------------|
| 1    | benefici                 | OBJECTIVE | .       | 0    | 64100     | .              |
| 2    | bombes                   | LE        | 3       | 200  | 194       | 0              |
| 3    | treball                  | LE        | 4       | 1520 | 1518      | 0              |
| 4    | canonades                | LE        | 5       | 2650 | 2632      | 0              |

# Algorisme de *Branch&Bound*

- Es resol la relaxació lineal de PLE.

- Pot passar:

- ▶ Que RL sigui infactible:

PLE infactible  $\longrightarrow$  STOP

- ▶ Que la solució  $x_{RL}^*$  sigui entera:

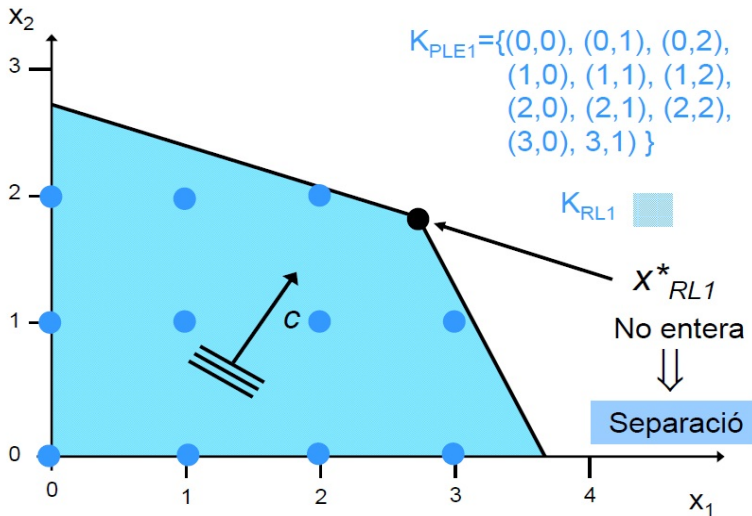
$x_{RL}^* \equiv x_{PLE}^* \longrightarrow$  STOP

- ▶ Que la solució  $x_{RL}^*$  no sigui entera:  $\longrightarrow$  ?

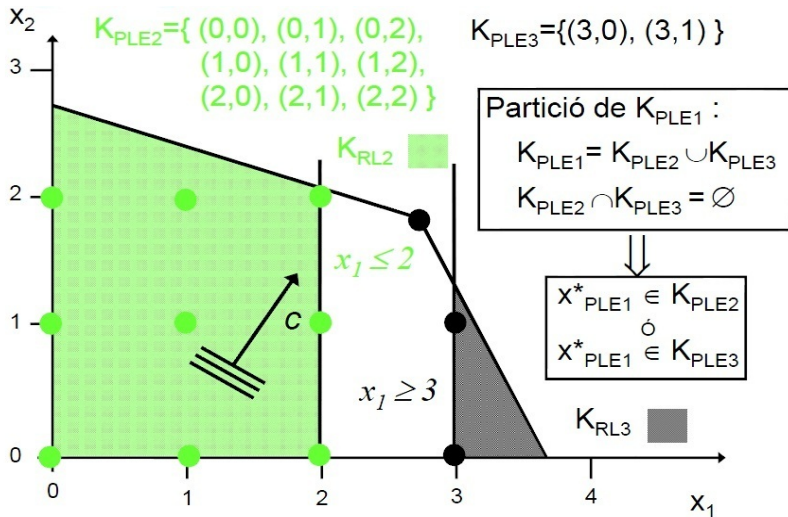
# Algorisme de *Branch&Bound*: Considerem el problema de PLE

$$\begin{array}{ll}\text{PLE1} & \max z = 2x_1 + 3x_2 \\ & \text{s.a.:} \quad x_1 + 3x_2 \leq 8.25 \\ & \quad \quad 2.5x_1 + x_2 \leq 8.75 \\ & \quad \quad x_1, x_2 \geq 0 \text{ i enteres}\end{array}$$

# Algorisme de *Branch&Bound*: Cas $x_{RL1}^*$ no entera



## Cas $x_{RL1}^*$ no entera: Separació de PLE1 (I)



## Cas $x_{RL1}^*$ no entera: Separació de PLE1 (II)

$$\begin{array}{ll}\text{PLE1} & \max z = 2x_1 + 3x_2 \\ & \text{s.a.:} \quad x_1 + 3x_2 \leq 8.25 \\ & \quad 2.5x_1 + x_2 \leq 8.75 \\ & \quad x_1, x_2 \geq 0 \text{ i enteres}\end{array}$$



$$\begin{array}{ll}\text{PLE2} & \max z = 2x_1 + 3x_2 \\ & \text{s.a.:} \quad x_1 + 3x_2 \leq 8.25 \\ & \quad 2.5x_1 + x_2 \leq 8.75 \\ & \quad x_1 \leq 2 \\ & \quad x_1, x_2 \geq 0 \text{ i enteres}\end{array}$$

$$\begin{array}{ll}\text{PLE3} & \max z = 2x_1 + 3x_2 \\ & \text{s.a.:} \quad x_1 + 3x_2 \leq 8.25 \\ & \quad 2.5x_1 + x_2 \leq 8.75 \\ & \quad x_1 \geq 3 \\ & \quad x_1, x_2 \geq 0 \text{ i enteres}\end{array}$$

$$x_{PLE1}^* \equiv x_{PLE2}^*$$

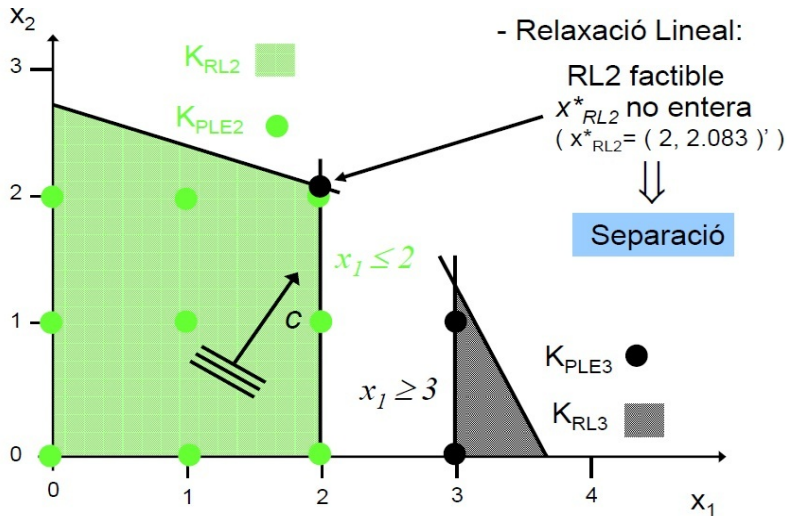
o

$\implies$  Es pot resoldre PLE1, resolent PLE2 i PLE3

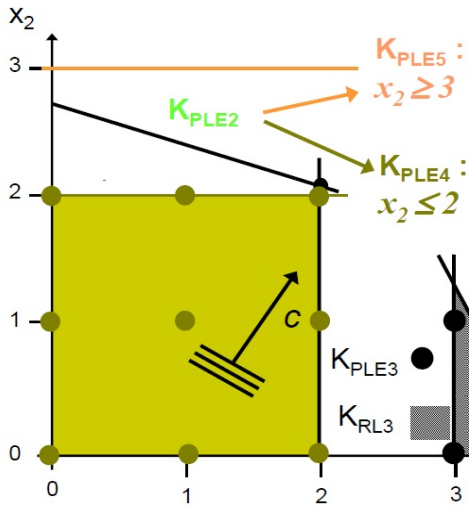
$$x_{PLE1}^* \equiv x_{PLE3}^*$$



## Cas $x_{RL1}^*$ no entra: Tractament de PLE2 (I)



## Cas $x_{RL1}^*$ no entra: Tractament de PLE2 (II)



- Relaxació Lineal:

RL2 factible  
 $x_{RL2}^*$  no entra  
 ( $x_{RL2}^* = (2, 2.083)'$ )



- Separació:

$$K_{PLE2} = K_{PLE4} \cup K_{PLE5}$$

$$K_{PLE4} \cap K_{PLE5} = \emptyset$$

$$x_{PLE2}^* \in K_{PLE4}$$

ó

$$x_{PLE2}^* \in K_{PLE5}$$

## Cas $x_{RL1}^*$ no entera: Separació de PLE2

$$\begin{array}{ll}\text{PLE2} & \max z = 2x_1 + 3x_2 \\ & \text{s.a.:} \quad x_1 + 3x_2 \leq 8.25 \\ & \quad \quad 2.5x_1 + x_2 \leq 8.75 \\ & \quad \quad x_1 \leq 2 \\ & \quad \quad x_1, x_2 \geq 0 \text{ i enteres}\end{array}$$

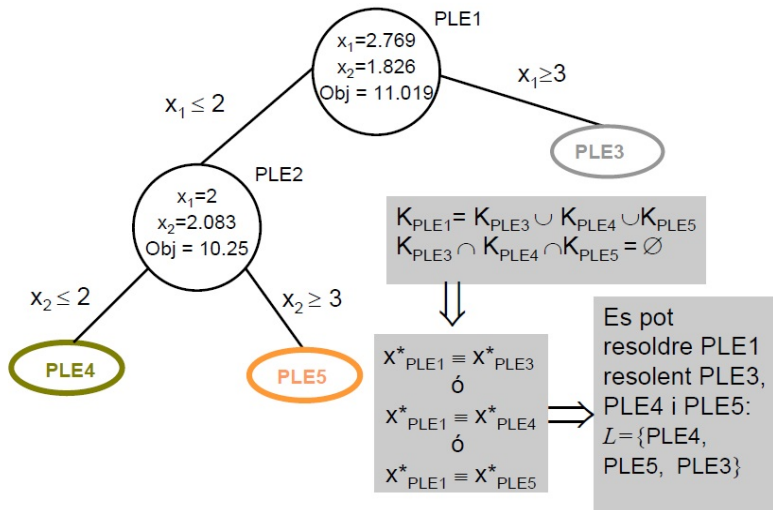


$$\begin{array}{ll}\text{PLE4} & \max z = 2x_1 + 3x_2 \\ & \text{s.a.:} \quad x_1 + 3x_2 \leq 8.25 \\ & \quad \quad 2.5x_1 + x_2 \leq 8.75 \\ & \quad \quad x_1 \leq 2 \\ & \quad \quad x_2 \leq 2 \\ & \quad \quad x_1, x_2 \geq 0 \text{ i enteres}\end{array}$$

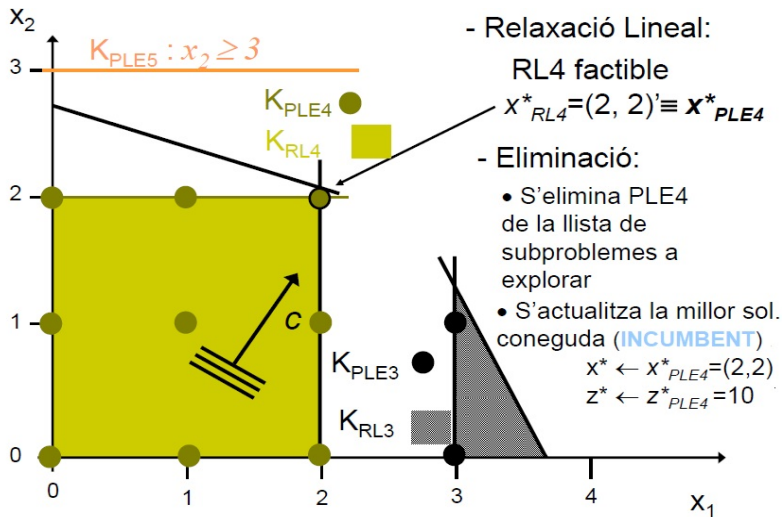
$$\begin{array}{ll}\text{PLE5} & \max z = 2x_1 + 3x_2 \\ & \text{s.a.:} \quad x_1 + 3x_2 \leq 8.25 \\ & \quad \quad 2.5x_1 + x_2 \leq 8.75 \\ & \quad \quad x_1 \leq 2 \\ & \quad \quad x_2 \geq 3 \\ & \quad \quad x_1, x_2 \geq 0 \text{ i enteres}\end{array}$$

Es pot resoldre PLE2, resolent PLE3 i PLE4

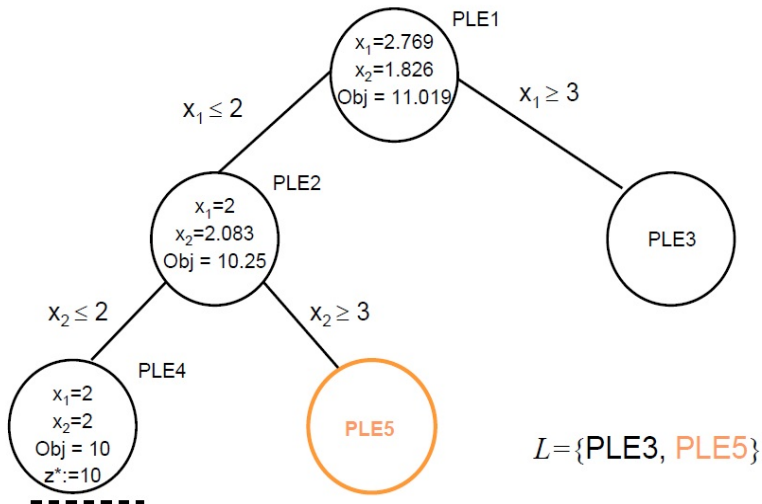
## Cas $x_{RL1}^*$ no entra: Arbre d'exploració



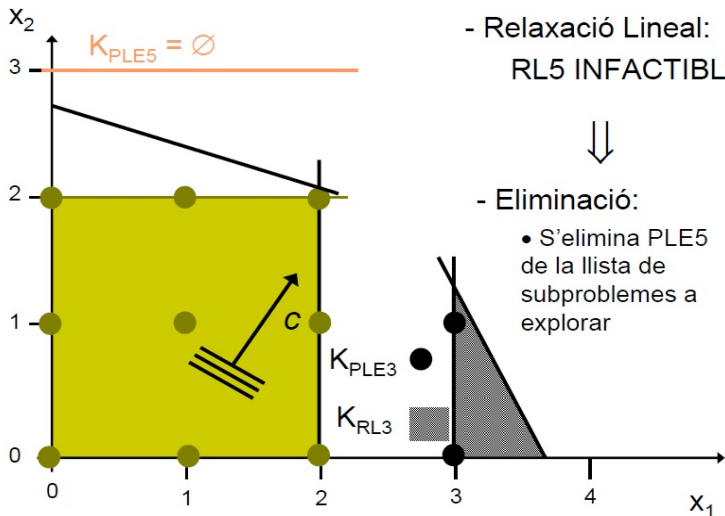
## Cas $x_{RL1}^*$ no entra: Tractament de PLE4



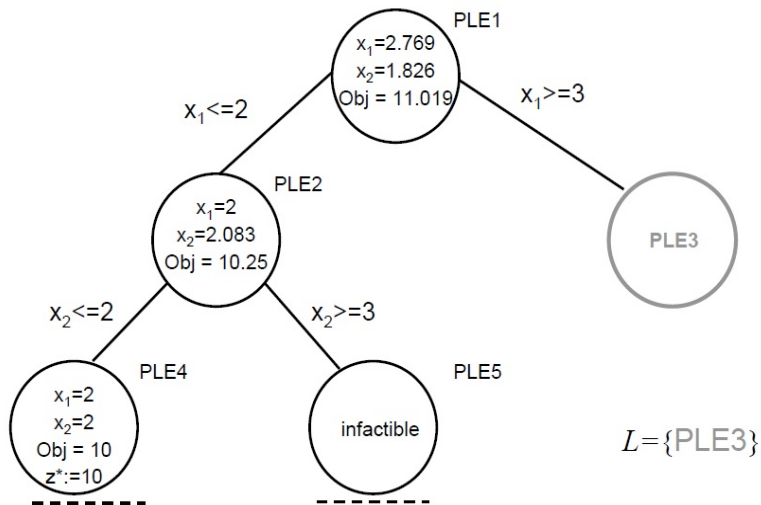
## Cas $x_{RL1}^*$ no entra: Arbre d'exploració



Cas  $x_{R/L1}^*$  no entera: Tractament de PLE5

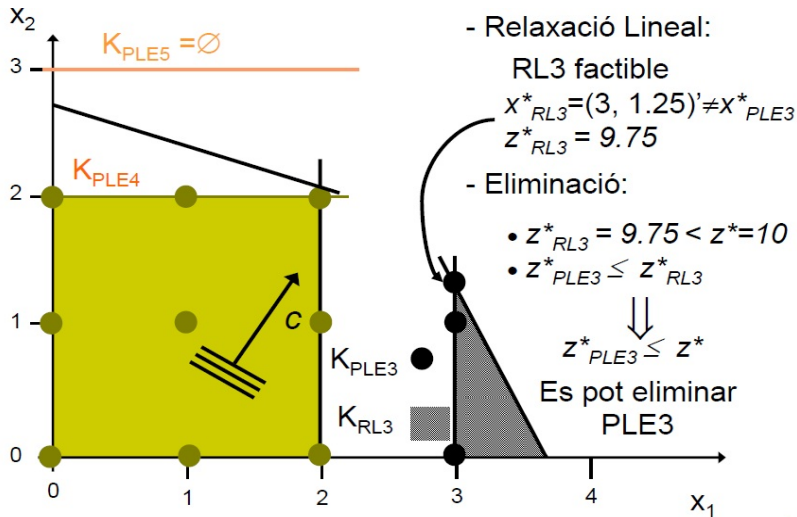


## Cas $x_{RL1}^*$ no entra: Arbre d'exploració

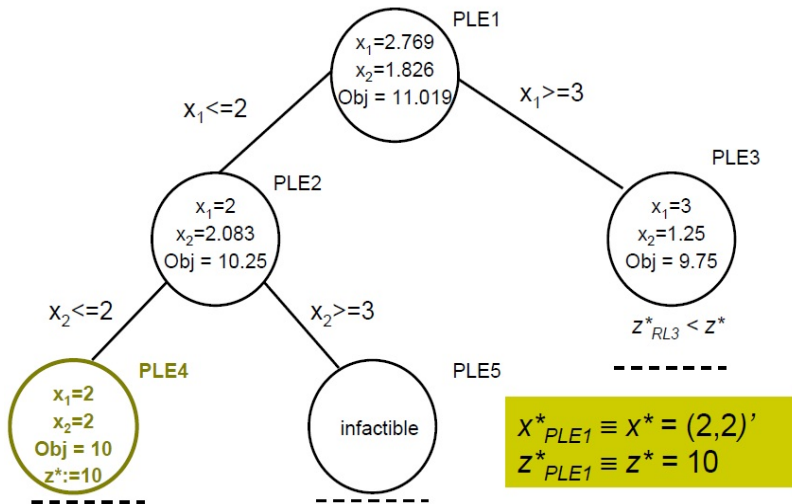




## Cas $x_{RL1}^*$ no entra: Tractament de PLE3



## Cas $x_{RL1}^*$ no entra: Arbre d'exploració final



# Solució de problemes de PLE amb "SAS/OR" (I)

```
ExempleT3_integer*  
libname t3 '.';  
data t3.exem_int;  
  input _row_ $7. x1 x2 _type_ $ _rhs_;  
  datalines;  
Obj      2      3      MAX      .  
res1     1      3      LE       8.25  
res2     2.5    1      LE       8.75  
limsup   1000  1000  UPPERBD   .  
enteras  1      2      INTEGER  .  
;  
run;  
  
proc lp data=t3.exem_int;  
run;
```

# Solució de problemes de PLE amb "SAS/OR" (I)

Output - (Sin título)

Sistema SAS19:43 Friday, April 13, 2012 10

The LP Procedure

Resumen del problema

|                     |         |
|---------------------|---------|
| Función objetivo    | Max Obj |
| Rhs Variable        | _rhs_   |
| Type Variable       | _type_  |
| Problem Density (%) | 75.00   |

| Variables | Number |
|-----------|--------|
| Integer   | 2      |
| Slack     | 2      |
| Total     | 4      |

| Constraints | Number |
|-------------|--------|
| LE          | 2      |
| Objetivo    | 1      |
| Total       | 3      |

Output - (Sin título)

Sistema SAS19:43 Friday, April 13, 2012 10

The LP Procedure

Resumen de la solución

Integer Optimal Solution

|                                  |              |
|----------------------------------|--------------|
| Valor objetivo                   | 10           |
| Phase 1 Iterations               | 0            |
| Phase 2 Iterations               | 2            |
| Phase 3 Iterations               | 2            |
| Integer Iterations               | 3            |
| Integer Solutions                | 1            |
| Initial Basic Feasible Variables | 4            |
| Time Used (seconds)              | 0            |
| Number of Inversions             | 3            |
| Epsilon                          | 1E-8         |
| Infinity                         | 1.797693E308 |
| Maximum Phase 1 Iterations       | 100          |
| Maximum Phase 2 Iterations       | 100          |
| Maximum Phase 3 Iterations       | 9999999      |
| Maximum Integer Iterations       | 100          |
| Time Limit (seconds)             | 120          |

Output - (Sin título)

Sistema SAS19:43 Friday, April 13, 2012 10

The LP Procedure

Registro de iteración entera

| Iteración | Problema | Condición  | Objetivo  | Ranificado | Valor | Sinfeas | Activo | Proximidad |
|-----------|----------|------------|-----------|------------|-------|---------|--------|------------|
| 1         | 0        | ACTIVE     | 11.019231 | x1         | 2.769 | 0.40385 | 2      |            |
| 2         | 1        | ACTIVE     | 10.25     | x2         | 2.083 | 0.08333 | 3      |            |
| 3         | 2        | SUBOPTIMAL | 10        | .          | .     | .       | 0      |            |

Output - (Sin título)

Sistema SAS19:43 Friday, April 13, 2012 10

The LP Procedure

Resumen de la variable

| Nombre de la Col | variable | Estado | Tipo    | Precio | Actividad | Coste reducida |
|------------------|----------|--------|---------|--------|-----------|----------------|
| 1                | x1       |        | INTEGER | 2      | 2         | 2              |
| 2                | x2       |        | INTEGER | 3      | 2         | 3              |
| 3                | res1     | BASIC  | SLACK   | 0      | 0.25      | 0              |
| 4                | res2     | BASIC  | SLACK   | 0      | 1.75      | 0              |

Output - (Sin título)

Sistema SAS19:43 Friday, April 13, 2012 10

The LP Procedure

Resumen de restricciones

| Nombre de la Fila | restricción | Tipo      | Col S/S | Rhs  | Actividad | Actividad dual |
|-------------------|-------------|-----------|---------|------|-----------|----------------|
| 1                 | Obj         | OBJECTIVE | .       | 0    | 10        | .              |
| 2                 | res1        | LE        | 3       | 8.25 | 8         | 0              |
| 3                 | res2        | LE        | 4       | 8.75 | 7         | 0              |

# Algorisme del B&B

0. Inicialització:  $L = \{PLE_1\}$ ;  $z^* = -\infty$
1. Si  $L = \emptyset$ :  $x_{PLE_1}^* \equiv x^*$ ;  $z_{PLE_1}^* \equiv z^* \implies$  FI!
2. Se selecciona un problema  $PLE_j$ ,  $j \in L$
3. Relaxació: es resol la relaxació lineal  $RL_j$
4. Eliminació: si  $k_{RL_j} = \emptyset$  o  $z_{RL_j}^* \leq z^*$  o  $x_{RL_j}^* \equiv x_{PLE_j}^*$ 
  - 4.1 Eliminació de  $PLE_j$  de  $L$ :  $L \leftarrow L \setminus \{PLE_j\}$
  - 4.2 Si  $x_{RL_j}^* \equiv x_{PLE_j}^*$  i  $z_{RL_j}^* > z^*$ :  $x^* \leftarrow x_{RL_j}^*$ ;  $z^* \leftarrow z_{RL_j}^*$
  - 4.3 Anada a 1.
5. Separació de  $PLE_j$  en  $PLE_{j+1}$  i  $PLE_{j+2}$ 
  - 5.1  $L \leftarrow L \setminus \{PLE_j\} \cup \{PLE_{j+1}\} \cup \{PLE_{j+2}\} \longrightarrow$  Anada a 1.

# Exemples amb variables binàries

- Inclusió de costos fixos en un problema de producció.
- Capacitat de producció variable.
- Costos variables decreixents
- Restriccions inclusives.
- ...

# Exemples amb variables binàries

## Exemple de restriccions inclusives

|                |  |                       |
|----------------|--|-----------------------|
| $\max z =$     | $350x_1 + 300x_2$                      | Benefici              |
| $\text{s.a.}:$ | $x_1 + x_2 \leq 200 + M_1(1 - y_1)$    | Bombes                |
|                | $9x_1 + 6x_2 \leq 1566 + M_2(1 - y_2)$ | Mà d'obra             |
|                | $12x_1 + 16x_2 \leq 2880$              | Canonades             |
|                | $x_1, x_2 \geq 0$                      | No-negativitat        |
|                | $x_1, x_2$ enteres                     | Condició d'integritat |
|                | $y_1, y_2 \in 0, 1$                    |                       |

|                |  |                       |
|----------------|--|-----------------------|
| $\max z =$     | $350x_1 + 300x_2$                      | Benefici              |
| $\text{s.a.}:$ | $x_1 + x_2 + M_1y_1 \leq 200 + M_1$    | Bombes                |
|                | $9x_1 + 6x_2 + M_2y_2 \leq 1566 + M_2$ | Mà d'obra             |
|                | $12x_1 + 16x_2 \leq 2880$              | Canonades             |
|                | $x_1, x_2 \geq 0$                      | No-negativitat        |
|                | $x_1, x_2$ enteres                     | Condició d'integritat |
|                | $y_1, y_2 \in \{0, 1\}$                | Binàries              |

# Exemples amb variables binàries

## Exemple de restriccions inclusives

Parámetros de Solver

Establecer objetivo:

Para: ☒ Máx. ☐ Mín ☐ Valor de:

Cambiando las celdas de variables:

Sujeto a las restricciones:

\$D\$12 = \$E\$12  
\$D\$9:\$D\$11 <= \$E\$9:\$E\$11  
\$B\$14:\$C\$14 = binario  
\$B\$5:\$C\$5 = entero  
\$B\$5:\$C\$5 >= 0

Agregar

Cambiar

Eliminar

Restablecer todo

Cargar/Guardar

☐ Convertir variables sin restricciones en no negativas

Método de resolución:

Opciones

Método de resolución

Seleccione el motor GRG Nonlinear para problemas de Solver no lineales suavizados. Seleccione el motor LP Simplex para problemas de Solver lineales, y seleccione el motor Evolutionary para problemas de Solver no suavizados.

Ayuda Resolver Cerrar



# Exemples amb variables binàries

## Exemple de restriccions inclusives

|    | A                            | B                   | C           | D              | E          | F        | G       |
|----|------------------------------|---------------------|-------------|----------------|------------|----------|---------|
| 1  |                              |                     |             |                |            |          |         |
| 2  |                              | BLUE RIDGE HOT TUBS |             |                |            |          |         |
| 3  |                              |                     |             |                |            |          |         |
| 4  | NOM DELS PRODUCTES           | Aqua-Spas           | Hydro-Luxes |                |            |          |         |
| 5  | Nombre d'unitats (Producció) | 200                 | 0           | Benefici total |            |          |         |
| 6  | Benefici unitari             | \$350               | \$300       | \$70,000       |            |          |         |
| 7  |                              |                     |             |                |            |          |         |
| 8  | Restriccions                 |                     |             | Utilitzat      | Disponible | Resultat | Inicial |
| 9  | Bombes                       | 1                   | 1           | 500            | 500        | 200      | 200     |
| 10 | Mà d'obra                    | 9                   | 6           | 1800           | 2566       | 2566     | 1566    |
| 11 | Canonades                    | 12                  | 16          | 2400           | 2880       | 2880     | 2880    |
| 12 |                              |                     |             | 1              | 1          |          |         |
| 13 |                              | y1                  | y2          |                |            |          |         |
| 14 | Binàries                     | 1                   | 0           |                |            |          |         |
| 15 | Mi                           | 300                 | 1000        |                |            |          |         |

# Exemples amb variables binàries

## Exemple de restriccions inclusives

```
ExempleT3_BINARY *  
  
libname t3 '.';  
data t3.exemBRHT;  
    input _row_ $9. Aqua Hydro y1 y2 _type_ $ _rhs_;  
    datalines;  
benefici    350    300     0     0     MAX     .  
bombes      1      1    300     0     LE      500  
treball     9      6     0    1000     LE     2566  
canonades   12     16     0     0     LE     2880  
un          0      0     1     1     EQ       1  
linsup      1000  1000     .     .    UPPERBD  .  
senceres    1      2     .     .    INTEGER  .  
binaries    .      .     1     2    BINARY   .  
;  
run;  
  
proc print data=t3.exemBRHT;  
run;  
  
proc lp data=t3.exemBRHT ;  
run;
```

# Exemples amb variables binàries

## Exemple de restriccions inclusives

Output - (Sin título)

### Resumen de la variable

| Col | Nombre de la variable | Estado | Tipo    | Precio | Actividad | Coste reducida |
|-----|-----------------------|--------|---------|--------|-----------|----------------|
| 1   | Aqua                  | BASIC  | INTEGER | 350    | 200       | 0              |
| 2   | Hydro                 |        | INTEGER | 300    | 0         | -50            |
| 3   | y1                    | BASIC  | BINARY  | 0      | 1         | 0              |
| 4   | y2                    |        | BINARY  | 0      | 0         | 105000         |
| 5   | bombes                |        | SLACK   | 0      | 0         | -350           |
| 6   | treball               | BASIC  | SLACK   | 0      | 766       | 0              |
| 7   | canonades             | BASIC  | SLACK   | 0      | 480       | 0              |

Output: - (Sin título)

### Resumen de restricciones

| Fila | Nombre de la restricción | Tipo      | Col S/S | Rhs  | Actividad | Actividad dual |
|------|--------------------------|-----------|---------|------|-----------|----------------|
| 1    | benefici                 | OBJECTIVE | .       | 0    | 70000     | .              |
| 2    | bombes                   | LE        | 5       | 500  | 500       | 350            |
| 3    | treball                  | LE        | 6       | 2566 | 1800      | 0              |
| 4    | canonades                | LE        | 7       | 2880 | 2400      | 0              |
| 5    | un                       | EQ        | .       | 1    | 1         | -105000        |

# Exemples amb variables binàries

Altres exemples

**CONSULTAR MATERIAL AMB EXEMPLES AMB BINÀRIES EN L'ARXIU BIN.PDF.**