

Optimisation et énergie

2015–2016

Cours d’initiation à la recherche ENPC 1A

Michel DE LARA (CERMICS-ENPC)

17 mai 2016

Présentation.

Imaginez que vous disposiez de différentes unités de production d’énergie — centrales nucléaires, centrales thermiques, barrages hydro-électriques, fermes éoliennes, panneaux solaires. Chaque énergie présente des caractéristiques propres, en particulier son coût par kWh. Votre rôle est d’allouer l’énergie provenant de ces différentes unités de sorte à satisfaire une demande, et ce de manière optimale au sens de minimiser le coût total. Nous montrons comment le cours d’optimisation de 1A permet de formuler mathématiquement ce type de problème, puis d’exhiber des méthodes de résolution.

Supposez maintenant que la demande n’est pas connue, mais qu’elle peut prendre un nombre fini de valeurs, chacune affectée de sa probabilité de réalisation. Nous montrons comment le cours de calcul des probabilités de 1A offre des outils pour proposer de nouvelles formulations.

Des séances de travaux pratiques informatiques — avec les logiciels scientifiques Scicoslab et NSP [CCN10] — complètent les séances de cours.

Pré-requis.

- Optimisation continue élémentaire : programmation linéaire, convexité, conditions d’optimalité du premier ordre. [Ber96]
- Calcul des probabilités : espace de probabilité, probabilité, variable aléatoire, espérance mathématique, indépendance. [Fel68, Bre93, Pit93]
- Logiciel Scicoslab [CCN10] : téléchargement et auto-formation

Matériel informatique. Ordinateur portable personnel aux séances de travaux pratiques. Logiciel (gratuit) Scicoslab.

Langue. Les transparents de cours et les travaux pratiques informatiques sont en anglais. Le cours oral est assuré en français.

Validation. Notation des travaux pratiques. Examen.

Enseignant responsable. Michel DE LARA (CERMICS-ENPC)

Liens.

page web du cours http://cermics.enpc.fr/~delara/ENSEIGNEMENT/ENPC_OE_1A/

Programme

1 ./ 8h30–11h15, mardi 12 avril 2016, salle F108

8h30–9h45

Nous présentons différentes formulations d'un problème de dimensionnement de réserves pour l'équilibrage sur un marché électrique.

C'est l'occasion d'appréhender les notions de *risque* et de *non-anticipativité*.

- Lorsque des incertitudes apparaissent seulement dans le critère d'optimisation, nous illustrons comment formaliser les attitudes plus ou moins risquées du décideur par le biais de *mesures de risque* : espérance, pire des cas, CVaR. Nous dégageons la notion de solution *robuste*, en boucle ouverte.
- Lorsque des incertitudes apparaissent dans les contraintes, nous illustrons en quel sens entendre ces contraintes.
 - Cas robuste : pour toutes les incertitudes, pour un sous-ensemble.
 - Cas probabiliste : presque sûrement, en espérance, en probabilité, à la Markowitz (moyenne-variance), mesures de risque.
- Lorsque des incertitudes apparaissent dans les contraintes et que les décisions sont prises à différentes étapes, nous présentons les notions de variables de recours et de solution en boucle fermée.

10h00–11h15

Exercices : tests sanguins, vendeur de journaux.

Les élèves doivent s'initier au logiciel de calcul scientifique Scicoslab.

2 ./ 8h30–11h15, mardi 19 avril 2016, salle F108

Exercices : vendeur de journaux (suite).

Travaux pratiques informatiques. Le vendeur de journaux. (seulement Section 1)

3 ./ 8h30–11h15, mardi 3 mai 2016, salle F108

Dans le cas d'un espace de probabilité fini, nous présentons la *programmation stochastique à deux étapes*, avec variables de recours [SDR09, KW12]. Nous montrons comment la

contrainte de non-anticipativité peut être prise en compte en indiquant les solutions par un arbre de scénarios.

Travaux pratiques informatiques. Dimensionnement de réserves pour l'équilibrage sur un marché électrique. (Questions 1 à 3, correspondant au cas linéaire)

4 ./ 8h30–11h15, mardi 10 mai 2016, salle F108

Travaux pratiques informatiques. Dimensionnement de réserves pour l'équilibrage sur un marché électrique. (Questions 4 à 7, correspondant au cas convexe)

5 ./ 8h30–11h15, mardi 17 mai 2016, salle F108

Dans le cas d'un espace de probabilité fini, nous poursuivons la *programmation stochastique à deux étapes*, avec variables de recours [SDR09, KW12]. Nous rappelons comment la contrainte de non-anticipativité peut être prise en compte en indiquant les solutions par un peigne, puis en écrivant des égalités entre composantes de la solution. Avec cette façon de faire, nous introduisons la *décomposition par scénarios*.

Travaux pratiques informatiques. Dimensionnement de réserves pour l'équilibrage sur un marché électrique. (Questions 8 à 10)

6 ./ 8h30–11h15, mardi 24 mai 2016, salle F108

La séance sera effectuée par Vincent Leclère.

Travaux pratiques informatiques. Dimensionnement de réserves pour l'équilibrage sur un marché électrique. (Questions 8 à 10)

Problèmes d'optimisation multi-étapes en gestion de l'énergie.

7 ./ 8h30–11h15, mardi 31 mai 2016, salle F108

Examen.

Références

- [Ber96] D. P. Bertsekas. *Constrained Optimization and Lagrange Multiplier Methods*. Athena Scientific, Belmont, Massachusetts, 1996.
- [Bre93] L. Breiman. *Probability*. Classics in applied mathematics. SIAM, Philadelphia, second edition, 1993.
- [CCN10] Stephen Campbell, Jean-Philippe Chancelier, and Ramine Nikoukhah. *Modeling and Simulation in Scilab/Scicos with ScicosLab 4.4*. Springer-Verlag, New York, 2 edition, 2010.

- [Fel68] W. Feller. *An Introduction to Probability Theory and its Applications*, volume 1. Wiley, New York, third edition, 1968.
- [KW12] Alan J. King and Stein W. Wallace. *Modeling with Stochastic Programming*. Springer Series in Operations Research and Financial Engineering. Springer New York, 2012.
- [LCCL14] M. De Lara, P. Carpentier, J.-P. Chancelier, and V. Leclère. Optimization methods for the smart grid. Report commissioned by the Conseil Français de l'Énergie, École des Ponts ParisTech, October 2014.
- [Pit93] J. Pitman. *Probability*. Springer-Verlag, New-York, 1993.
- [RW91] R.T. Rockafellar and R. J-B. Wets. Scenarios and policy aggregation in optimization under uncertainty. *Mathematics of operations research*, 16(1) :119–147, 1991.
- [SDR09] A. Shapiro, D. Dentcheva, and A. Ruszczyński. *Lectures on stochastic programming : modeling and theory*. The society for industrial and applied mathematics and the mathematical programming society, Philadelphia, USA, 2009.