



Haskell: De nouvelles voies pour le parallélisme

Laurent Pierron

► **To cite this version:**

Laurent Pierron. Haskell: De nouvelles voies pour le parallélisme. Journées nationales du Développement Logiciel 2013, Sep 2013, Palaiseau, France. <hal-00909497>

HAL Id: hal-00909497

<https://hal.inria.fr/hal-00909497>

Submitted on 26 Nov 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Haskell : De nouvelles voies pour le parallélisme

Laurent Pierron

Institut National de Recherche en Informatique et Automatique
INRIA Nancy Grand-Est, 615 rue du Jardin Botanique, 54600 Villers-les-Nancy,
France



Exemple : résolution de grilles de Sudoku

- ▶ des problèmes de Sudoku sont dans un fichier texte
- ▶ une ligne du fichier représente un problème
- ▶ fonction (`solve :: String -> Maybe Grid`) résoud une grille

		4			8	7	
4	7		9	2		5	
2		6				3	
9	7	5		2			3
5	8		2	4	7		6
6	4			7		8	5
	9	3	8				7
		3	2	4		1	6
1	2						9

Programme séquentiel

- ▶ découpe le fichier de problèmes en lignes
- ▶ avec `map` appelle le solveur pour chaque problème (ligne)

```
main :: IO ()
main = do
  [f] <- getArgs
  grilles <- fmap lines (readFile f)

  let solutions = map solve grilles — 1

  print (length (filter isJust solutions))
```

Parallélisation : monade Eval

- ▶ découpage de la liste des grilles en deux listes égales à une grille près
- ▶ évaluation de chaque liste en parallèle en **forçant** l'évaluation
- ▶ attente du résultat de chaque évaluation
- ▶ concaténation des résultats
- ▶ remplacement de la ligne **1** du programme séquentiel par

```
(as,bs) = splitAt (length grilles `div` 2) grilles

solutions = runEval $ do
  as' <- rpar (force (map solve as))
  bs' <- rpar (force (map solve bs))
  rseq as'
  rseq bs'
  return (as' ++ bs')
```

- ▶ solution peu satisfaisante :
 - ▷ commandes de *bas niveau*
 - ▷ amélioration limitée à deux coeurs
 - ▷ traitement déséquilibré entre les deux listes

Parallélisation : fonction parMap

- ▶ écriture d'une fonction générale pour paralléliser la fonction `map`
 - ▷ fonction récursive
 - ▷ ligne **2** cas trivial de la liste vide
 - ▷ ligne **4** évaluation de la fonction en parallèle
 - ▷ ligne **5** appel récursif
 - ▷ ligne **6** construction de la liste résultat

```
1 parMap :: (a -> b) -> [a] -> Eval [b]
2 parMap f [] = return []
3 parMap f (a:as) = do
4   b <- rpar (f a)
5   bs <- parMap f as
6   return (b:bs)
```

- ▶ remplacement de la ligne **1** du programme séquentiel par un appel à notre fonction `parMap`

```
solutions = runEval (parMap solve grilles)
```

- ▶ cette fois le code est élégant

Parallélisation : monade Strategies (parList)

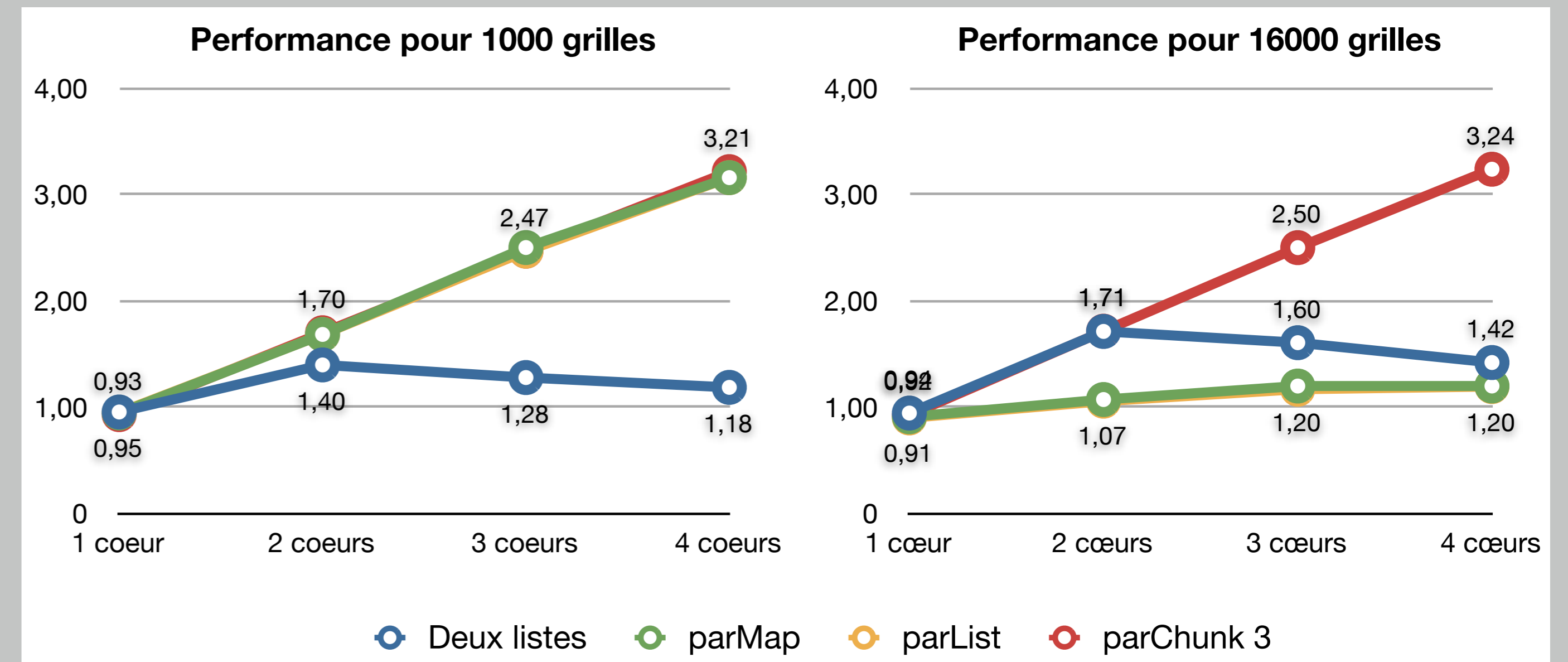
- ▶ fonction `parMap` a été généralisée dans la bibliothèque `Control.Parallel.Strategies` qui définit :
 - ▷ fonctions de parcours de structures de données
 - ▷ stratégies d'évaluation combinables
- ▶ modification de la ligne **1** du programme séquentiel

```
solutions = map solve grilles `using` parList rseq
```

- ▶ solution très élégante :
 - ▷ développement et test du code en séquentiel
 - ▷ ajout d'*annotations* pour paralléliser
 - ▷ permet de tester plusieurs stratégies de parallélisation

Résultats sur quatre variantes de programme

- ▶ compilation : `ghc -O2 sudoku.hs -rtsops -threaded -threaded` demande la parallélisation
- ▶ exécution : `sudoku sudoku17.1000.txt +RTS -N4 -N4` indique le nombre de coeurs (ici 4)



Concurrence : Software Transactional Memory

- ▶ un exemple de transferts entre comptes en banque
- ▶ version Java multithreads

```
class Account {
  Int balance;
  synchronized void withdraw( int n ) {
    balance = balance - n;
  }
  void deposit( int n ) {
    withdraw( -n );
  }
}

void transfer( Account from, Account to, Int amount ) {
  from.lock(); to.lock();
  from.withdraw( amount );
  to.deposit( amount );
  from.unlock(); to.unlock();
}
```

- ▷ attention au **deadlock** dans `transfer`
- ▷ délicat à mettre au point, car dépend de la charge en *threads*

- ▶ version Haskell STM

```
type Account = TVar Int

withdraw :: Account -> Int -> STM ()
withdraw acc amount = do
  bal <- readTVar acc
  writeTVar acc (bal - amount)

deposit :: Account -> Int -> STM ()
deposit acc amount = withdraw acc (- amount)

transfer :: Account -> Account -> Int -> IO ()
transfer from to amount = atomically $ do
  deposit to amount
  withdraw from amount
```

- ▷ `-> STM ()` : fonction utilisée dans mémoire transactionnelle
- ▷ **atomically action** implique pour **action** :
 - ▷ **atomicité** : effets visibles de l'action d'un seul bloc
 - ▷ **isolation** : actions internes pas affectées par autres threads
- ▷ pas de **deadlock** dans la version Haskell

Quelques autres modules pour le parallélisme

- ▶ **Par monad** : pour décrire les dépendances entre actions parallèles
- ▶ **Repa** : calcul haute performance sur tableaux multidimensionnels
- ▶ **Accelerate** : distribution de calculs principalement sur GPU
- ▶ **Async** : pour la concurrence asynchrone
- ▶ **forkIO, MVar** : pour la concurrence à un plus bas niveau que STM
- ▶ Pas de *solution magique* : bibliothèques adaptées par type de problème

Pour en savoir plus

- ▶ Haskell : <http://www.haskell.org>
- ▶ Parallel and Concurrent Programming in Haskell by Simon Marlow : <http://chimera.labs.oreilly.com/books/1230000000929>
- ▶ Beautiful concurrency by Simon Peyton-Jones : <http://research.microsoft.com/pubs/74063/beautiful.pdf>