Analyse de l'utilisation mémoire des applications OCaml sans changer leur comportement

Groupe de Travail - ENSTA ParisTech

Çagdas Bozman[1,2,3]

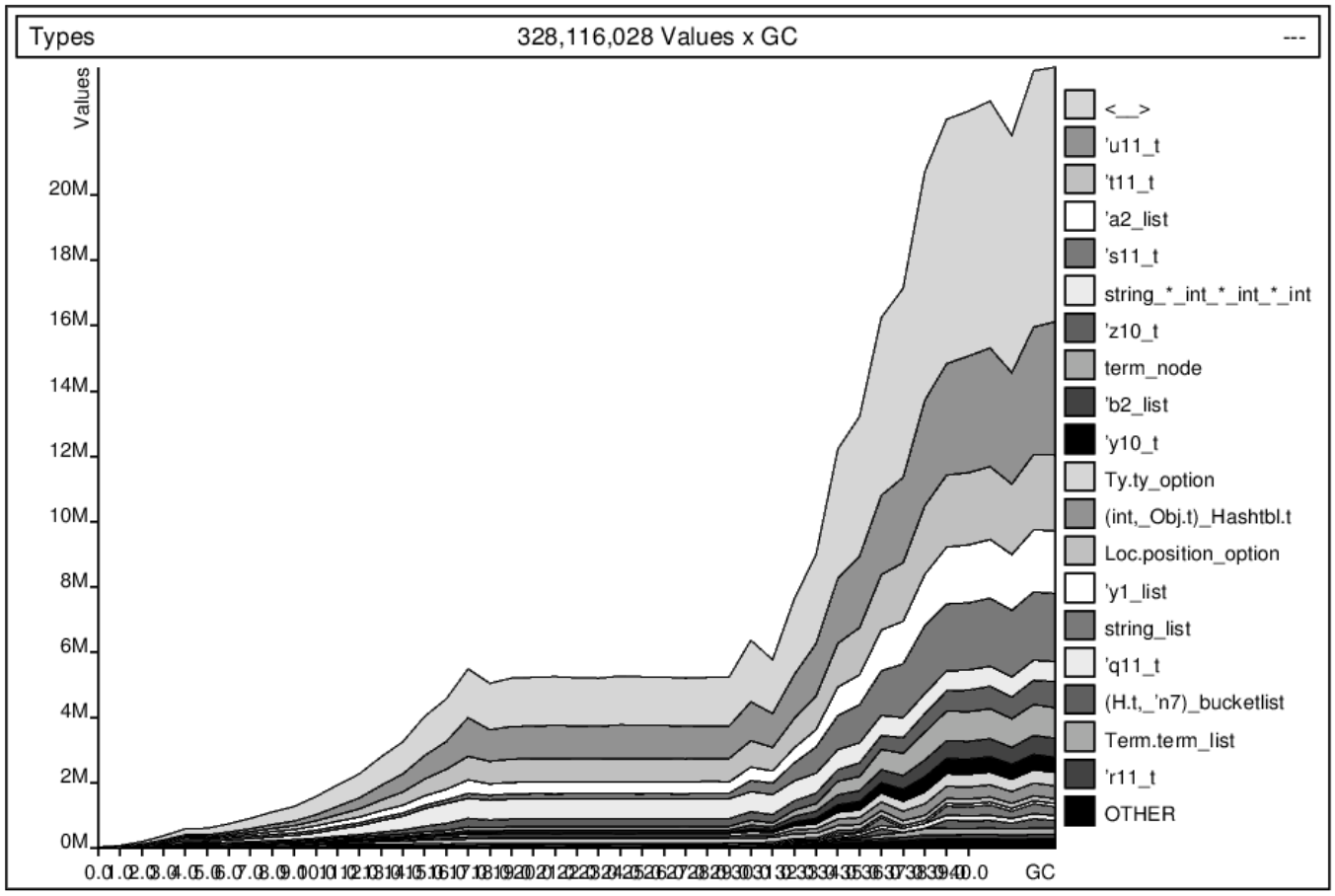
OCamlPro[1] | INRIA[2] | ENSTA ParisTech[3]

23 Janvier 2014 - Palaiseau

Problème Mémoire

- Ce que nous voulons ?
  - Étudier le comportement des programmes OCaml
  - Développer des outils de profiling
- Pourquoi ?
  - Réduire la quantité de mémoire utilisée
  - Fixer les fuites mémoires (si possible)
  - Passer le moins de temps possible dans la gestion mémoire

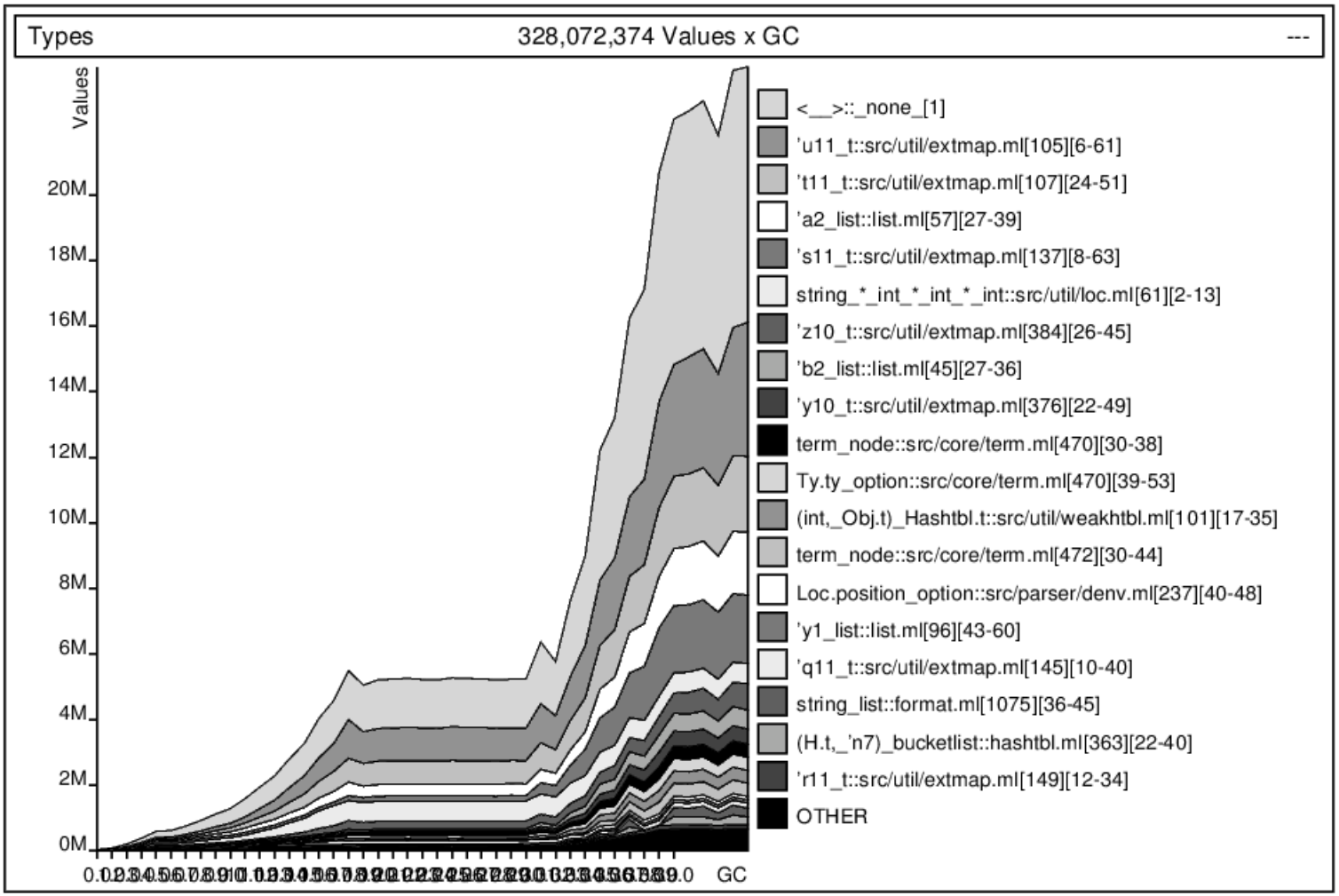
Exemple Concret – Why3[1] (1/2)



[1]Why3 est une plateforme de vérification de programme (http://why3.lri.fr/)

Example Concret – Why3 (2/2)

Avec plus de précision sur les locations dans le code source



Comment obtenir ce graphe ?

```
$ opam switch 4.01.0+memprof
$ opam install why3

$ OCAMLRUNPARAM=m why3replayer.opt -C why3.conf p9_16
```

cette étape génère plusieurs snapshots du tas

Pas besoin de changer le code source ni les options de compilation.
Pas d'impact sur le temps d'exécution.

```
$ opam install ocp-memprof
$ ocp-memprof -loc -sizes PID
```

cette étape analyse tous les snapshots générés

Plus qu'à regarder les graphes.

Snapshots

Qu'est-ce qu'un *Snapshot* ?

- Version compressée du tas
- Contient les identifiants de location, graphe avec les pointeurs, etc.
- Globales (toplevel modules)

Comment on obtient ces graphes ?

- Scan linéaire de tous les chunks[2] qui contiennent des ensembles de blocs.

[2] grand bloc de mémoire

Générer un snapshot

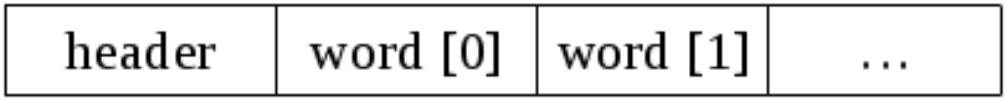
Deux façons de générer des snapshots

- Utiliser `OCAMLRUNPARAM=m` pour forcer un programme à générer un snapshot après chaque GC majeur (automatique)
- Demander explicitement au programmeur de générer un snapshot (manuel):
  - en lui envoyant un signal HUP (très utile pour des applications comme les serveurs, cf *mldonkey*)
  - en annotant le programme à l'aide du module `GC`, en utilisant la fonction

    ```
    val dump_heap :  string -> unit
    ```

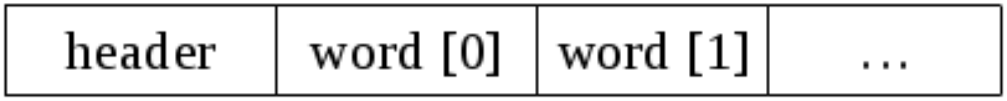
Patch du compilateur (1/3)

Bloc mémoire OCaml:



Patch du compilateur (1/3)

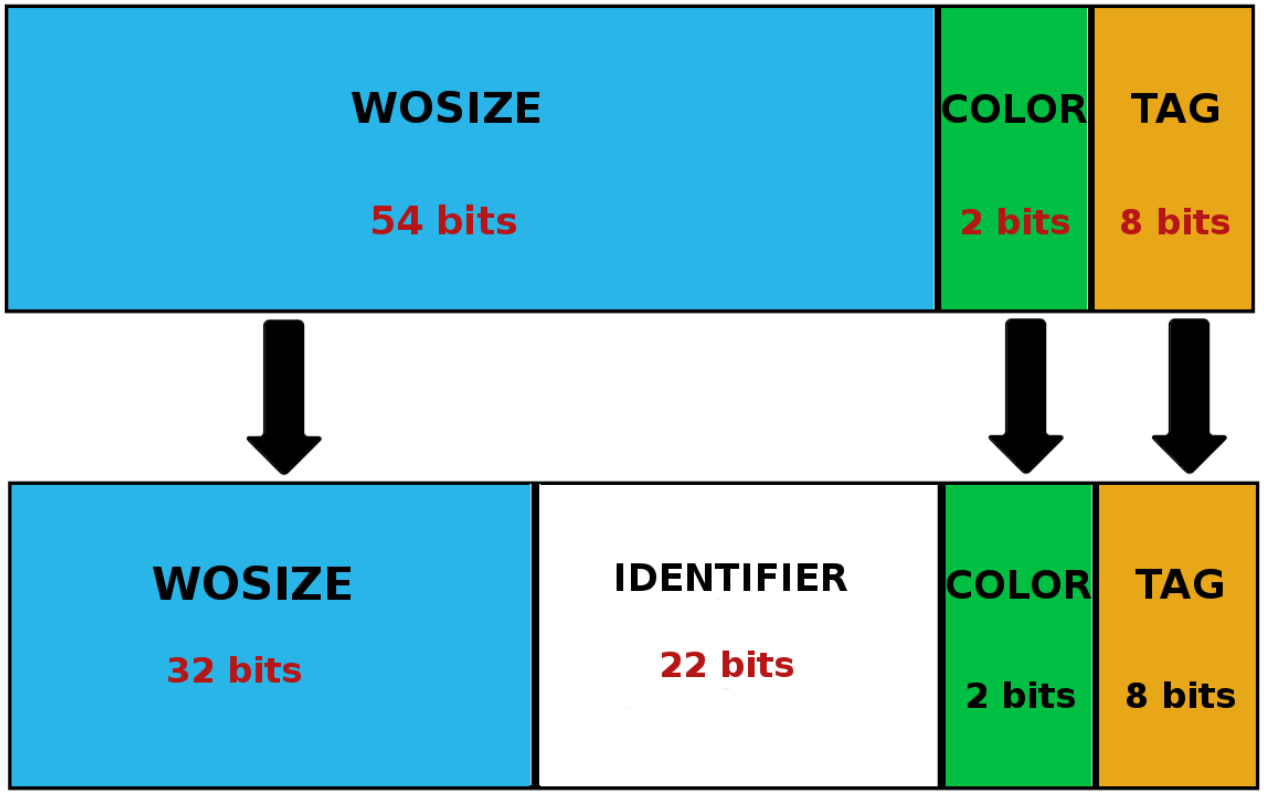
Bloc mémoire OCaml:



En-tête d'un bloc OCaml (un mot mémoire) sur les machines 64-bit:

Patch du compilateur (2/3)

L'en-tête après notre modification:



Patch du compilateur (3/3)

- Impact minimal sur les performances (seulement lors de la génération des snapshots)

Patch du compilateur (3/3)

- Impact minimal sur les performances (seulement lors de la génération des snapshots)
- Pas de surcoût en espace mémoire

Patch du compilateur (3/3)

- Impact minimal sur les performances (seulement lors de la génération des snapshots)
- Pas de surcoût en espace mémoire
- Pas d'impact sur le GC (son comportement n'est pas modifié)

Patch du compilateur (3/3)

⊕

- Impact minimal sur les performances (seulement lors de la génération des snapshots)
- Pas de surcoût en espace mémoire
- Pas d'impact sur le GC (son comportement n'est pas modifié)

⊖

- Seulement sur les plateformes 64-bits

Patch du compilateur (3/3)

⊕

- Impact minimal sur les performances (seulement lors de la génération des snapshots)
- Pas de surcoût en espace mémoire
- Pas d'impact sur le GC (son comportement n'est pas modifié)

⊖

- Seulement sur les plateformes 64-bits
- Les identifiants de location sont limités ($2^{22} \sim$ 4 millions d'allocations)

Patch du compilateur (3/3)

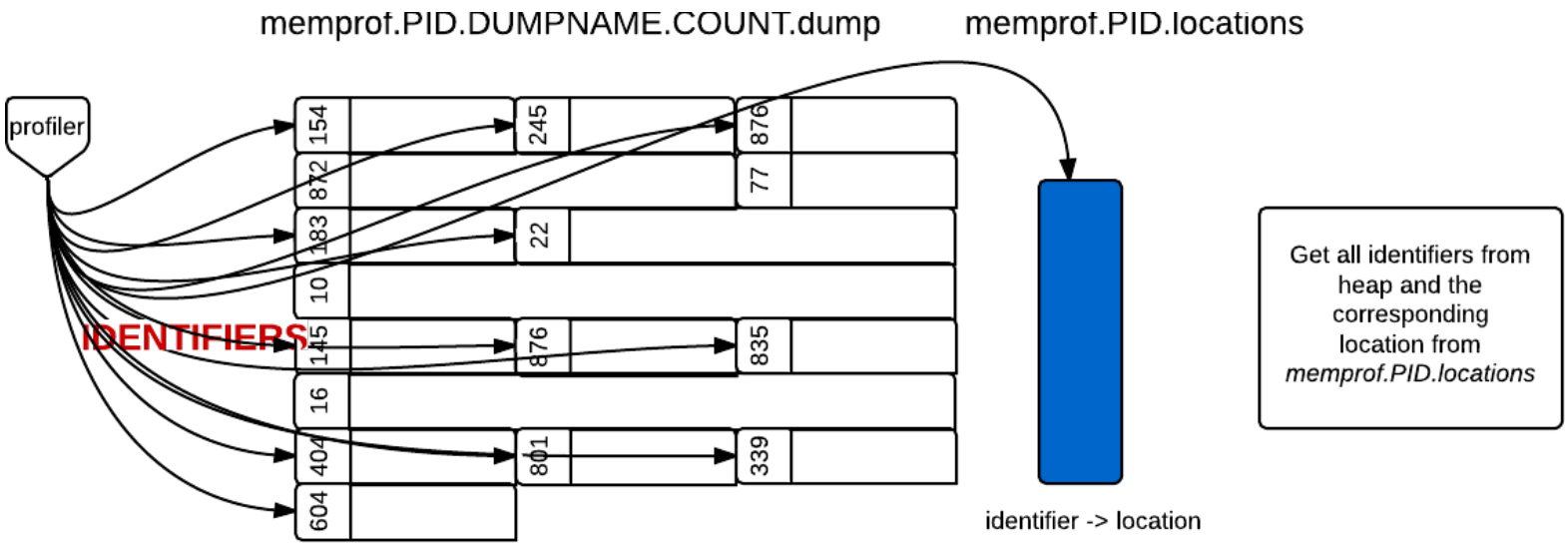
⊕

- Impact minimal sur les performances (seulement lors de la génération des snapshots)
- Pas de surcoût en espace mémoire
- Pas d'impact sur le GC (son comportement n'est pas modifié)

⊖

- Seulement sur les plateformes 64-bits
- Les identifiants de location sont limités ($2^{22} \sim$ 4 millions d'allocations)
- Taille maximum des blocs est de 32Go

Un outil basé sur les identifiants



Un outil basé sur le graphe

Ce que nous faisons avec les pointeurs:

```
val find_block :  heap -> pointer -> block
val accessible_blocks :  ?depth:int -> heap -> PtrSet.t ->
PtrSet.t

val words :  heap -> PtrSet.t -> int
val types :  typed_heap -> PtrSet.t -> TySet.t
val blocks_of_type :  typed_heap -> Types.type_expr ->
PtrSet.t

val arrays :  typed_heap -> PtrSet.t
val constr :  typed_heap -> PtrSet.t
val objects :  typed_heap -> PtrSet.t
val tuple :  ?size:int -> typed_heap -> PtrSet.t
```

Conclusion

La suite ?

- Améliorer le framework avec les pointeurs:
  - Plus de types ? (e.g. G.Henry)
  - Durée de vie des valeurs (nombre de GC par exemple)
- Tester sur des exemples concrets:
  - Why3
  - Alt-ergo
  - OCaml, etc.

Questions ?