

English version

!  
"#\$%&'()\*+,-./:;=<?@A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z [ \ ] ^ \_ ` { | } ~ ¡ ¢ £ ¤ ¥ ¦ § ¨ © ª « ¬ ® ¯ ° ± ² ³ ´ µ ¶ · ¸ ¹ º » ¼ ½ ¾ ¿

!  
A2&' : 107+18#1%&(!# : + 0, !% 8&\*8+\$!% 107+101#', 9+1, !&9!''. , !#' \$!345, !91&2!, &%, !&1!, +\$%2+ 0, !0&!, 01+#2!  
#' \$! : 1&(' \$?@#0+1, !' #0(1#\*! &1: #' %) ! 2#00+1! 1+, (\*0% : ! 91&2! 07+! \$+ : 1# \$#0%&' ! &9! 6\*#' 0, ! #' \$! &07+1!  
&1: #' % 2, ! #, ! @+\*\*! #, ! &1: #' %) ! 2#00+1! &9! #' 071&6&: + %) ! &1% % ! -+<: -! #! 8#1%+0; ! &9! &1: #' %) ! 2%) 1&?  
6&\*\* (0# 0, ! 1+\*+ #, +\$! 91&2! 7(2# ' ! #)0%8%0%+, /! #1+! +C6+)0+\$! 0&! 6\*#; ! #! D+; ! 1&+<! E+6+ '\$% : ! & !  
67; , %) &) 7+2%) #'!) &' \$%0%&' , ! &1: #' %) ! 2#00+1, !-F 4, /! 2#; ! +%07+1! 9#8&1! 07+! 1+0+ ' 0%&' ! &9!''. , !#' \$!345, !  
&' 0&!, (19#)+, !&9!07+! 2% +1#\*, !% !, &%, !#' \$!, +\$%2+ 0, !?\$( +!0&19&12#0%&' ! &9!0+1' #1; !, (19#)+! 2+0#\*\*&?  
&1: #' %) ! &26\*+C+, ?!&1!%0, !01#', 6&10!% ! @#0+1, !&@% : !0&19&12#0%&' ! &9!\$, &\*8+\$!&1!) \*\*&%\$#! 2+0#\*\*&?  
&1: #' %) ! &26\*+C+, <3&!07% ! 1+: #1\$B!@+0\*#' \$, !&1!9\* & \$6\*#% , !, %0+\$!#0!07+!% 0+19#)+! G+0@+++ ! 0+11+, 01#%!  
#' \$!#H(#0%)!-9\*(8#%\*! 2+\$%#1#1+D+; !: +&) 7+2%) #'!, ; , 0+2, <37+; ! 1+61+, + 0!#!&' +!&9!+C) 7#': +!#' \$!07+; !  
7#8+1#17% 7!)#6#G%0; !0&!,)#8+': +!G&07!F 4, !#' \$!345, >". , <A!)&261+7+', %B+!( '\$+1,0# '\$% : !&9!07+!&!  
)&26\*+C! 9(')0%&' % : ! %! 07(, !)1%0%)\*; ! ' ++\$+\$B! #, ! 07+; ! #1+! 6&0+ ' 0%#\*\*; ! +99%)%+ 0! 01#6, ! &9! G&07!  
#02&, 67+1%)! JF2!#' \$!&1: #' %) ! #' \$!2+0#\*\*%)! 6&\*\* (0# 0, <

!  
F1: #' %) ! 2#00+1, !) &(\*\$!07(, !, % ' %%) #' 0\*; !% 9\*(+ )+107+! 2&G%0; ! G%&#8#%#G%0; ! #! #' \$!6&0+ ' 0%#\*! 26#)0! &9!  
)&' 0#2% #' 0, !&' !+)&, ; , 0+2, !#' \$!7(2# ' ! 7+#\*07! KLB! MN<37% !% 0+1' , 7%6!, 6+)%)%)\*; ! 9&) (, +, !&' !, 0(\$; % : !  
#' !+)&, ; , 0+2! ' +#! 107+! 0+, , + ' 7+%2! ' ) \*+#! 6&@+1! 6\*#' 0B!@7%) 7! 7# , ! 1+\*+ #, +\$!''. , >345, !071&( : 7&(0!  
%0, !PM!; +#!, !&9!&6+1#0%&' ! KQN<37+! 61%2#1; ! &GR+)0%&+! &9!07% !% 0+1' , 7%6!% !0&!\* ( )\$#0+! 07+! 1+\*#0%&' , 7%!  
+C%0% : ! G+0@+++ ! 07+! \$!% 01%G(0%&' ! &9!''. , >345, !% !#!, &%! 61&9%+?@#0+1!, ; , 0+2!) \*\*+)0+\$!% !#! @+0\*#' \$!  
#' \$!07+! 61+, + ) +>)&26&, %0%&' ! &9! F 4! 61+, + 0!#\*&' : !07+!, &%! 61&9%+! #' \$!% !07+! 6&1+! @#0+1!

!  
37+!, 0(\$+ 0!@\*! G+!% 8&\*8+\$!% !07+! 9&\*\*&@% : !0#, D, S!  
A' #\*; !+! \$%9+1+ ' 0!''. , >534, !' &0#G\*; !(1# ' %(2B!+\*+ \$B!)+, %(2?LQTB! #' \$!%&\$% +!% !#!, &%!)&1+!, #26\*+!  
#' \$!% !6+1)&#0% : ! @#0+1, !) &\*\*+)0+\$! 91&2! #! @+0\*#' \$!, %0+\$!% !07+! 18%)% %0; ! &9! 07+! 0+, , + ' 7+%2! ' ) \*+#!  
6&@+16\*#' 0!#' \$!07+! F\*\$!" 7% +! "%B+!B!  
5C01#)0!#' \$!) 7#1#)0+1% +!&1: #' %) ! 2#00+1, !% !07+!, &%! #' \$! @#0+1!, #26\*+, B!  
5\*( )\$#0+! 07+! 1%26#)0! &9! &1: #' %) ! 2#00+1, !&' !07+!, &%?@#0+1! \$% 01%G(0%&' ! &9!''. , >345, <

?!U#26\*+!)&\*\*+)0%&' B!&1: #' %) ! 2#00+1!+C01#)0%&' B!  
?!5\*+2+ 0#\*!#' #\*; , +, !-!JW?F5UB!VJW?4UB!%&' !) 71&2#0&: 1#67; X/!  
?!''#\$%&\* &: %) #'!#' #\*; , +, !-Y?, 6+)01&2+01; /!  
?!U6+)01&,) &6%)!0+) 7' %H(+, !-Z[?[% B!+2%, %&' !&9!9\*( &1+, )+ ' )+ /!  
?!4&\*+) (\*#1!) 7#1#)0+1% #0%&' !-5UV?03! 2#, , !, 6+)01&2+01; /!  
!

Sujet de stage Master 2

E

\' &@\*+\$: +!&9!, &\*%\$> \*%H(%\$!+C01#)0%&' !# ' \$!# ' #\*; 0%)#\*!0+)7' %H(+,!, ()7!#,!%&'!)71&2#0&:1#67;B!Z[?  
[%!,6+)01&,)&6;B!O\*(&1+,)' +! ,6+)01&,)&6; !# ' \$!VJW?4U<  
]&&\$!&1#\*!# ' \$!@1%00+'!)&22(' %)#0%&'!,D%\*,!% !5' : \*% 7!# ' \$>&1!01+' )7<  
AG%#0;!0&!0#D+!% %0%#0%8+!# ' \$!@&1D!#,!6#10!&9!#!0+#2<

!

E1k^(!^%(!+0!E1k4%+\*\*#!E+!. +1&!  
"#\$%&)7+2%01;!:1&(6B!V',0%0(0!W\*(1%\$%)%6\*% #%+!\_(G+10!J(1%+ '!-VW\_J?J. "UB!Z4"TLT`/!  
MQ!"(+!E(!^a,,B!J#26(!,\$+!J1&'+' G&(1: B!bTMcc!U01#,G&(1: B!01#' )+!

!

U+' \$!J[!# ' \$!)&8+1!\*+00+1!0&!( <\*(d%7)<)' 1, <9!  
U())+, ,9(\*!)# ' \$%\$#0+,!@%\*!G+!% 0+18%+@+\$!

!

KLN! ]<0\*+(1; B!4<E+\*!. +1&B!"<e#1\*\*&' B!RSC Adv! B!7(68)B!PQcfcgPQLcQ<  
7006,\$>>\$&%&1:>Lc<LcQf>)T1#cb`Q` :<  
KMN! 4<"&(\*%+1B!^<J#1#,)&B!E<F1R&\*\*+0B!4<e(+ ' &B!O<W# ' ' %+1B!V<^+!\_h)7&B!4<. %) &\*#,B!O<J&66% B!J.  
Environ. Radioact. B!248B!EFV!Lc<LcLb>R<R+' 81#\$<McMM<Lcb`TM<!  
KQN! 7006,\$>>@&@<+\$9-91>)+ ' 01#\*+?' () \*+ #%+?9+, , +' 7+%2!

!

!

!

!

!

^+,!1#\$\$&'()\*h\$+,-".,/+0!\*+,!h\*h2+'0,!01#)+,!2h0#\*\*%H(+,-534,!61h,+ '0,!\$#' ,!\*i+' 8%&' ' +2+' 0!  
,(,)0+' 0!(' +!8%8+!61h&))(6#0%&' !H(#' 0!j!\*+(1!%26#)0!,(1\*#!,#' 0h!\$+,!h)&;,;0k2+,B!+0!\*#!,&)%h0h!\*+(1!  
#))&1\$+!( ' +!#00+' 0%&' !6#10%) (\*%<1+<V\*!+,0!+, ,+' 0%+\*\$+!H(#' 0%0%+1\*+,' !' %8+#(C!\$+!)&' )+' 01#0%&' !\$+,' !' . ,!  
>!534,!+0!\$+!)&261+' \$1+!\*+(1,!2h)#' % 2+,\$+!01#' ,9+10!\$+,' !,&\*!,+0!,h\$%2+' 0,!#(C!+#(C!9\*(8%#\*+!,+0!  
\$+! ' #66+! #9% ! \$!h8#\*(+1! \*+(1! %26#)0! ,(1! \*i+' 8%&' ' +2+' 0! +0! \$+! 9&12(\*+1! \$+,' ! ,01#0h:%+,' !

?!J#1#)0h1% #0%&' !2&\*h) (\*#%+!-,6+)01&2h01%+\$+!2#,,+!5UV?4U/!

!

C

J&' '#% ,#' )+! \$+! \*i+C01#)0%&' ! ,&\*\$+>%H(%\$+! +0! \$+! 0+)7' %H(+,! #' #' ;0%H(+,! -)71&2#0&: 1#67%+!  
%&' %H(+B!,6+)01&,) &6%+!Z[?[% B!,6+)01&,) &6%+!\$+!9\* (&1+,)' )+B!VJW?4U/<  
A60%(\$+!j!#!) &22 (' %)#0%&' !&1#\*+!+0!h)1%+!+ ' !# ' :\*% !+0>&(!+ ' !91# ' q#%<  
J#6#)%0h!j !61+ ' \$1+!\$+, !% %0%#0%8+, !+0!j !01#8#%\*+1!+ ' !hH(%6+<

!

E1k^(!^%(!+0!E1k4%+\*\*#!E+\*!. +1&!

]1&(6+!1#\$%&)7%2%+B!V' ,0%0(0!W\*(1%\$%)%\*% #%+!\_ (G+10!J(1%+ ' !-VW\_JgJ. "UB!Z4"TLT` /!

MQ!" (+E(!^a ,,B!J#26(,!\$+!J1&' + ' G&(1: B!bTMcc!U01#, G&(1: B!01#' )+!

!

5' 8&+1!J[!+0!\*+001+!\$+!2&0%8#0%&' !j!\*(<%(d%67)<)' 1,91!

^+,!)# ' \$%\$#0,!1+0+ ' (,!6#,,+1&' 0!( ' !+ ' 01+0%+ ' <

!

KLN! ]<0\*(1; B!4<E+\*!. +1&B!" <e#1%\*&' B!RSC Adv! B!7(68)B!PQcfcgPQLcQ<

7006,\$>\$\$%&&1:>Lc<LcQf>)T1#cb`Q` :<

KMN! 4<" &(\*%+1B!^<J#1#,) &B!E<F1R&\*\*+0B!4<e(+ ' &B!O<W# ' ' %+1B!V<^+!\_h)7&B!4<. %)\*# ,B!O<J&66% B!J.

Environ. Radioact. B!248B!EFV!Lc<LcLb>R&R+' 81#\$<McMM<Lcb`TM<!

KQN! 7006,\$>@@@<+\$9<91>)+ ' 01#\*+?' (\*)\*+##+?9+, ,+ ' 7+%2

!

!